

11

56<sup>e</sup> jaargang

# NATUUR '88 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



**OPTISCHE COMMUNICATIE / HOOGSPANNING/LEVERCELLEN /  
KLIMAATBEHEERSING IN DE VARKENSSTAL/KOOLHYDRAAT/VERTALEN**

**SOMMIGE  
SLECHTZIENDEN  
ZIEN BIJ.**

**SOMMIGE  
SLECHTZIENDEN  
ZIEN BIJ.**

**SOMMIGE GOEDZIENDEN**  
**ZOUDEN DAAR EENS**  
**AAN MOETEN DENKEN.**

Zo'n honderdduizend Nederlanders hebben te kampen met slechtziendheid.

Dat is niet zielig, maar wel verdraaid lastig. Want sommige slechtzienden kunnen bijvoorbeeld overdag redelijk goed zien.

Maar 's avonds praktisch geen snars.

Anderen zien een paar vierkante centimeter scherp, maar alles er omheen wazig.

Zo zijn er vele vormen van slechtziend-

heid, waar weinig of niets aan te doen is.

U kunt er wel iets aan doen.

Heel af en toe. Gewoon door begrip te tonen. Of waar nodig een helpende hand uit te steken.

Soms herkent u een slechtziende aan de button die verkrijgbaar is bij de Nederlandse Vereniging van Blinden en Slechtzienden, Postbus 2344, 3500 GH Utrecht, telefoon 030 - 93 11 41.



# NATUUR '88 & TECHNIEK

Losse nummers:  
f 10,00 of 200 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



## Bij de omslag

Halfgeleiders die klein genoeg zijn om in de optische communicatie bruikbaar te zijn, bevatten verbindingen en laagjes materiaal waarvan de afmetingen in de orde van grootte van de golflengte van zichtbaar licht liggen. De patronen op de chips worden met speciale laserapparatuur vastgelegd.

(Foto: Standard Elektrik Lorenz Aktiengesellschaft, Stuttgart, BRD).

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Onderwijscontacaten: W.H.P. Geerits, tel. 04759-1305.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelain, Drs C.F.M. de Roos, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukelaire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluyser, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. Van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, J. Pohlen, M. Verreijt.

Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223\*.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044\*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

**EURO**  
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van



Centrale uitgeverij en adviesbureau bv.

ISSN 0028-1093

## INHOUD

ACTUEEL	IV
AUTEURS	VIII
HOOFDARTIKEL Veeteelt	873

HOOGSPANNING	874
--------------	-----

### P.C.T. van der Laan

De bekende waarschuwend borden koppelen het woord 'hoogspanning' zeer direct met 'levensgevaar'. Bij de meeste mensen zal de associatie van hoogspanning met gevaar dan ook als vanzelf opkomen. Zoals we in dit artikel zullen zien, is het mogelijk om die gevaarlijke hoogspanning op een nuttige wijze te gebruiken. Hoge spanningen worden in alledaagse apparaten als televisietoestellen, auto's en kopieerapparaten toegepast. Daarnaast zijn ze absoluut noodzakelijk om energie over grote afstanden in het elektriciteitsnet te transporteren.

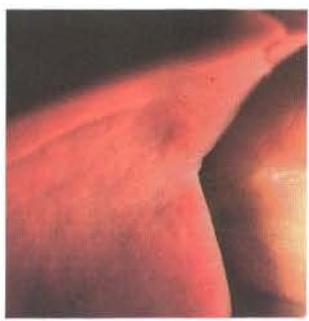


POORTWACHTERS	888
---------------	-----

### Controlefuncties van levercellen

#### A.F.M. Moorman, W.H. Lamers en R. Charles

De lever zorgt ervoor dat het interne milieu, en met name de samenstelling van het bloed, niet al te sterk verandert. Stoffen die in overmaat in het bloed aanwezig zijn worden er opgenomen, eventueel optredende tekorten worden aangevuld. Hoewel alle levercellen op het eerste gezicht dezelfde structuur hebben, blijkt dat hun functies verschillen, afhankelijk van hun lokalisatie in de lever. Levercellen met verschillende functies blijken heel slim ten opzichte van de bloedstroom gerangschikt te zijn.

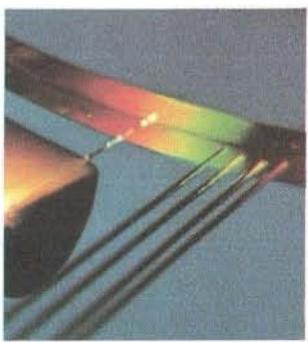


FOTONEN VOOR ELEKTRONEN	898
-------------------------	-----

### Optische communicatie

#### F. Meijer

De rol van licht bij informatietransport en bij het opslaan en uitlezen van informatie is de laatste tien jaar veel belangrijker geworden. In de telefonie wordt licht van de ene naar de andere plaats gebracht via kilometerslange glasdraden. Bij het opslaan en uitlezen van informatie denken we in de eerste plaats aan de compact disc. Die vormt echter pas het begin van een reeks mogelijkheden om gegevens op te slaan en uit te lezen. De voordelen liggen op het gebied van de grotere informatiedichtheid en de geringere kwetsbaarheid.



# NATUUR'88 & TECHNIEK

november/ 56<sup>e</sup> jaargang/1988



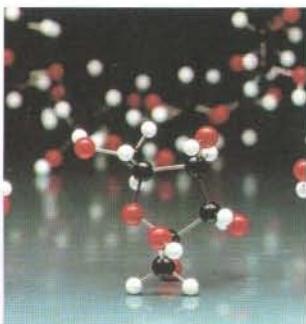
## OP DE TOCHT

914

Klimaatbeheersing in de varkensstal

J.M.F. Verhagen en M.W.A. Verstegen

Dieren in de veehouderij moeten hun vlees, melk of eieren zo economisch produceren dat de boer er een inkomen aan overhoudt. Het welzijn en de gezondheid van de dieren is daarbij in het geding. Tegenwoordig wordt er veel onderzoek verricht om een verantwoorde keuze te kunnen maken voor een bepaald type huisvesting van landbouwhuisdieren. Dit artikel gaat in op het stalklimaat waarin varkens zich optimaal voelen.

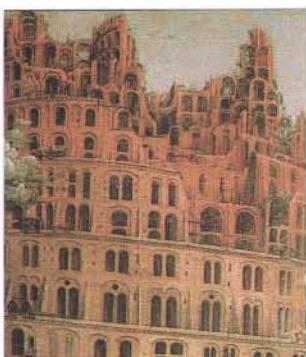


## KOOLHYDRAAT

926

A.P.G. Kieboom

De fotosynthese is voor bijna alle planten de voornaamste energiebron. Koolstofdioxide en water worden daarbij met behulp zonlicht door enzymen omgezet in koolhydraten en zuurstof. Voor de afbraak van koolhydraten tot suikermolekülen en andere kleinere verbindingen beschikken organismen over een enorm scala enzymen. De industriële biotechnologie krijgt steeds meer belangstelling voor produkten op basis van koolhydraten. Daarbij worden ook de enzymen ingeschakeld die al uit de natuur bekend zijn. Nederland en België zijn belangrijke producenten van koolhydraten.



## VERTALEN

936

Traduire, translate, übersetzen, traducir

F.J.L. Van Eynde

Het vertalen van een tekst van de ene taal in een andere is veelal mensenwerk. Sinds een aantal jaren worden er echter ook computers voor ingeschakeld. Men spreekt dan van automatisch vertalen. Het ideale vertaalsysteem kan iedere willekeurige tekst in iedere willekeurige andere taal vertalen. Zo'n systeem zou deze tekst kunnen omzetten in een Franse, Engelse of Japanse tekst, zonder dat er een vertaler aan te pas hoeft te komen. Van dat ideaal zijn we nog ver verwijderd, maar de ontwikkeling van prototypen voor vertaalsystemen en het ermee gepaard gaande onderzoek zijn al een eind gevorderd.

## ANALYSE EN KATALYSE

946

Tegen de stroom in/De nieuwe televisie

## BEZIENSWAARDIG/BOEKEN

954

## EIGEN ONDERZOEK/PRIJSVRAAG/TESTVRAGEN

957

# ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving

## natuur en techniek

### Zichtbaar benzeen

Wetenschappelijke medewerkers van IBM's Almaden Research Center in de Verenigde Staten zijn erin geslaagd een afbeelding te produceren van de rangschikking van atomen binnen een benzenemolekuul. De molekulen vertonen gelukkig de ringvorm waarmee generaties organisch chemici al lang vertrouwd zijn.

De eerste benzeenaafbeeldingen zijn geproduceerd met een scanning tunneling microscoop (STM), uitgevonden door twee wetenschappelijke medewerkers van IBM, dr Gerd Binning en dr Heinrich Rohrer, die daarvoor in 1986 de Nobelprijs voor Natuurkunde in ontvangst mocht nemen. De afbeelding toont de interne structuur van het aan het oppervlak van het metaal rhodium gehechte benzenemolekuul. Hechting aan een oppervlak was nodig omdat dit soort organische verbindingen normaal veel te vluchtig is. Duidelijk zichtbaar is de ringvorm van het benzenemolekuul, waarmee meteen het visioen van een Duitse scheikundige uit de negentiende eeuw, August Kékulé, wordt bevestigd.

De scheikundige samenstelling van benzeen was al betrekkelijk vroeg bekend (in 1825), maar de vorm van het molekuul bleef de wetenschappelijke onderzoekers bezighouden. Zij konden niet verklaren hoe de zes koolstof- en de zes waterstofatomen waren gebonden, uiteraard uitgaande van de toenmalige kennis van de scheikundige wetten.

In 1865 droomde Kékulé, die al jaren zocht naar de juiste structuur, dat het benzenemolekuul grofweg de vorm van een slang

had die zichzelf in de staart beet. Kékulé formuleerde daarna de beroemde zesring voor benzeen. Het model leidde tot een langdurige controverse tussen verschillende chemici.

Hoewel Kékulé's theorie sindsdien wel bevestigd is door tal van scheikundige experimenten en met moderne analytische technieken, zoals röntgendiffractie, is het tot nog toe nooit gelukt de individuele benzeenringen te 'zien'.

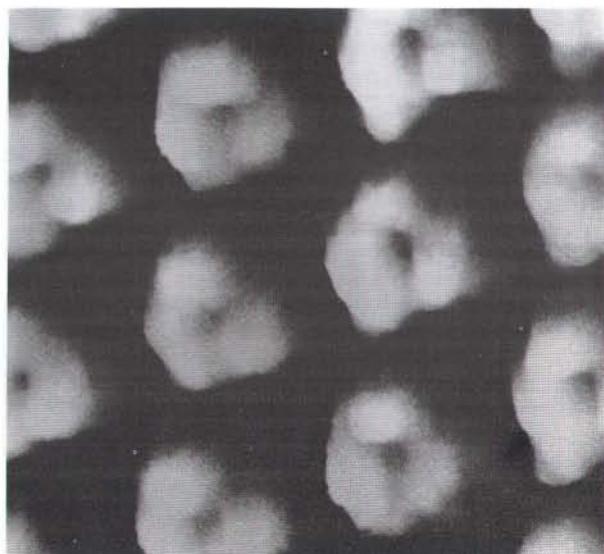
(*Persbericht IBM*)

Benzenemolekulen zichtbaar gemaakt met een Scanning Tunneling Microscoop toont de structuur van benzenemolekulen gehecht aan het metaal rhodium. (Foto: IBM)

### Zenuwtransplantaties

Canadese onderzoekers claimen er als eersten in geslaagd te zijn om een zenuw van een menselijke donor te transplanteren. Ontvanger was een negenjarige Amerikaanse jongen die bij een ongeluk een grote zenuw in het bovenbeen had beschadigd. De donorzenuw komt niet in de plaats van de beschadigde zenuw, maar is er langs gelegd en met de uiteinden aan die van de oorspronkelijke zenuw verbonden. Men hoopt dat de nieuw aangelegde verbinding de taken van de zenuw overneemt, totdat deze is hersteld.

Als de operatie is geslaagd, hebben de chirurgen een technisch hoogstandje verricht. Het operatief verbinden van de ene zenuw aan de andere is zo moeilijk omdat zenuwen uit bundels van zenuwvezels bestaan, die precies op elkaar moeten passen om inder-



daad als zenuw te kunnen functioneren. Bovendien is er natuurlijk het probleem dat het lichaam vreemd weefsel afstoot. Normaal gesproken neemt men bij ernstige zenuwbeschadigingen zijn toevlucht tot het transplanteren van lichaamseigen zenuwvezel. In het geval van deze jongen was zoveel nodig dat dat niet had gekund zonder ergens anders in zijn lichaam grote schade aan te richten. De artsen stonden dus voor de keus, transplanteren of amputeren; ze kozen voor het eerste. Nu gingen zij daarbij niet helemaal over één nacht ijs, want in het betreffende ziekenhuis had men al acht jaar geëxperimenteerd met zenuwtransplantaties bij ratten. Daarbij was onder andere ontdekt dat het middel cyclosporine, dat gebruikt wordt om afweerreacties de kop in te drukken, in veel lagere doses al afdoende was. Blijkbaar zijn de afstotingsverschijnselen in zenuwen veel milder dan in andere weefsels. Wanneer de beschadigde zenuw hersteld is, mogen de afstotingsmechanismen zich uitleven op de vreemdeling.

(*New Scientist*)

## Duurzame resistentie in tarwe

"Sterk schommelende opbrengsten zijn rampzalig in de ontwikkelingslanden. Stabiele oogsten zijn alleen mogelijk door te veredelen op partiële resistentie." Aldus dr ir M.A. Beek, die op woensdag 12 oktober promoveerde aan de Landbouwuniversiteit in Wageningen op een proefschrift over 'Selectieprocedures voor duurzame resistentie in tarwe'.

Normaal wordt tarwe veredeld op *fysio-specifieke resistentie* die afhankelijk is van één gen. Maar deze resistentie is na twee of drie

jaar meestal doorbroken, waardoor de opbrengst plots keldert. *Partiële resistentie* wordt door meerdere genen gedragen en is daarom duurzamer. "Partiële resistentie is wel moeilijker tot stand te brengen, maar toch wel haalbaar en bij duurzame resistentie is de boer verzekerd van een stabiele opbrengst. Dat is vooral van belang in de Derde Wereldlanden, waar de kilo's zwaarder tellen dan de kwaliteit. De boer in de Derde Wereld is wellicht meer gediend bij de introductie van een ras dat iets minder opbrengt, maar wel een zeker aantal kilo's garandeert."

In het kader van een FAO-project heeft Beek acht jaar in Zuid-Brazilië gewerkt aan een methode om partiële resistentie in tarwe te verbeteren. Daarbij is gelijktijdig geselecteerd op tien verschillende ziekteverwekkers.

Beek: "De werkwijze is afgekeken van Afrikaanse boeren. Toen in de jaren vijftig een hardnekke schimmel hun maïsoogsten keer op keer vernielde, gingen zaadveredelaars resistenties ontwikkelen. Maar die werden na een paar jaar doorbroken, omdat de schimmel zich steeds aanpaste. Ook het onderzoek van plantenziektekundigen bracht niet direct een oplossing. De maïsboeren wachtten niet langer af en gingen zelf aan de slag. Ze namen kolven van de minst vatbare planten uit de oogst voor hun volgende teelt. Jaar in jaar uit werden de beste exemplaren met elkaar gekruist. Op die manier hadden de boeren de problematiek sneller onder de knie dan de wetenschappers."

Dezelfde methode is niet direct toepasbaar bij tarwe, omdat tarwe zelfbevruchtend is. Beek veranderde het gewas in een kruisbevruchter door gebruik van ethrel, een mannelijk steriliteitsmiddel. "Hierdoor kon ik op één dag miljoenen kruisingen maken. Dat is aanzienlijk meer dan wat haalbaar is hij kruisbestuiven met de hand, zoals de meeste zaadbedrijven nog steeds doen."

De onderzoeker bracht verschillende lokale tarwerassen samen in één populatie. Iedere generatie duurt normaal in Brazilië ongeveer vijf maanden. Door tarwe op een watercultuur te kweken, kon de generatiecyclus minder dan gehalveerd worden.

Via lijnselectie uit de verkregen populaties heeft de onderzoeker twee nieuwe rassen veredeld, die binnenkort in Brazilië op de markt komen. De rassen hebben zonder gebruik van bestrijdingsmiddelen een gemiddelde opbrengst van twee ton per hectare. Dat is relatief hoog voor de subtropen waar erg extensief wordt geteeld. Ter vergelijking: in Nederland wordt het viervoudige behaald.

De nieuwe techniek is een relatief goedkope vorm van veredelen en daarom bij uitstek geschikt voor Derde Wereldlanden, meent Beek: "Biotechnologie is voor veel ontwikkelingslanden te duur. En met deze methode kan men direct aan de slag."

Volgens Beek is veredeling op duurzame resistentie ook interessant voor de Westerse landbouw. Het zou het gebruik van bestrijdingsmiddelen drastisch kunnen verminderen. "Alleen," zegt hij, "heeft de Westerse zaadindustrie niet het geduld om op deze manier te veredelen. De zaadbedrijven streven vaak naar een node-loos hoog resistentieniveau, terwijl een redelijk niveau al voldoende zou zijn. Men wil zo snel mogelijk een concurrerend ras op de markt brengen. De snelste manier om dat te bereiken, is veredelen op één enkel gen. Maar door dit korte-termijndenken, gaat men voorbij aan partiële resistentie, die uiteindelijk toch de beste resultaten oplevert voor de boer."

(*Persbericht Landbouwuniversiteit Wageningen*)

## Röntgenlithografie

Voor het eerst zijn chips vervaardigd met behulp van röntgenlithografie. Onderzoekers van het Thomas J. Watson Research Center van IBM bouwden een experimentele opstelling voor meer-voudige lithografische belichting van chipmaskers bij de National Synchrotron Light Source in het Brookhaven National Laboratory in de staat New York.

Chipbouwers nemen hun toevlucht tot röntgenlithografie vanwege de korte golflengte van röntgenstraling ten opzichte van het zichtbare licht en ultraviolet-straling. De golflengte bepaalt op gegeven moment het oplossend vermogen van de optische technieken die in gebruik zijn om de patronen van de elektrische leidingen en schakelingen op siliciumwafers vast te leggen. Met röntgenstraling is het mogelijk om elektrische verbindingen van slechts een halve micrometer dikte op de chips aan te brengen. IBM wil deze technologie uiteindelijk gebruiken bij de productie van 65 Mbyte chips.

Lithograferen met röntgenstraling was al langer mogelijk en al eerder gedaan. De kunst was dan ook meer om een chipsproductiestation te bouwen waarin meer-voudige belichtingen kunnen plaatsvinden om echte chips te kunnen maken. Een chip is namelijk opgebouwd uit meerdere laagjes materiaal. Ze worden plaatsoek opgedampt of weggeëist, al naar gelang het ontwerp, maar steeds moet het gewenste patroon eerst in een lichtgevoelige laag worden vastgelegd.

Een wafer waarop meerdere chips tegelijk worden gefabriceerd moet dus enkele keren tijdens het productieproces opnieuw geïnstalleerd worden onder de röntgenbelichtingsbron. Hoe dunner de draadjes op de chips worden, des te nauwkeuriger de achter-

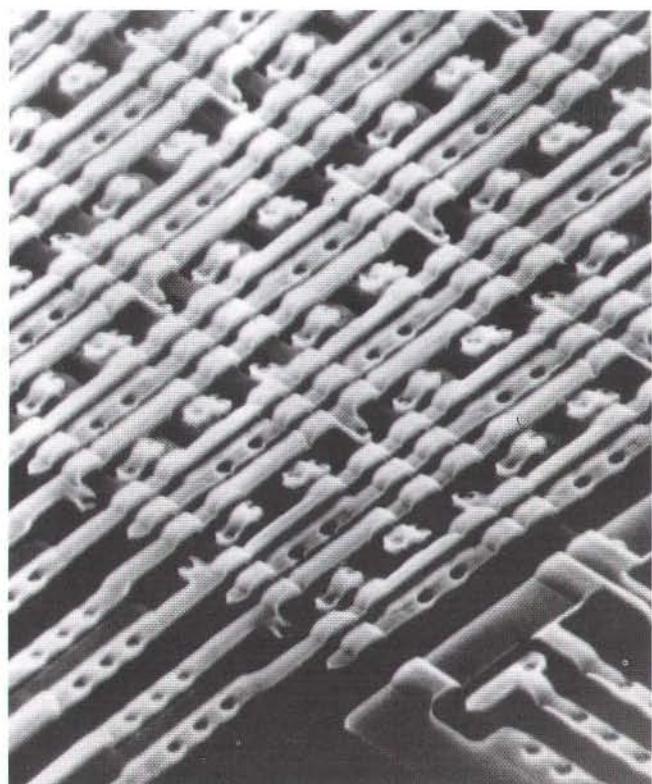
envolgende belichtingen moeten plaatsvinden.

De röntgenstraling is afkomstig uit een synchrotron. IBM-Amerika heeft inmiddels een eigen synchrotron besteld bij het Engelse Oxford Instruments. De röntgenstraling is het produkt van elektronen die in het synchrotron rondcirkelen en daarbij straling uitzenden. Om de straling te kunnen gebruiken moesten de IBM-onderzoekers de juiste golflengte

kunnen selecteren en bovendien de straling vanuit hoogvacuüm in het synchrotron over laten gaan naar de heliumatmosfeer waarin de lithografie plaatsvindt. Hier toe werd een speciaal venster van beryllium ontworpen. Ook het masker met het bedradingsspatroon, dat men in de fotografie het negatief zou noemen, moest aan speciale eisen voldoen om de röntgenstraling te kunnen tegenhouden en doorlaten.

Hoewel het fabricageproces nog experimenteel is, blijken nu toch alle noodzakelijke onderdelen van het proces te zijn ontwikkeld, en kan er aan proeffabrieken worden gedacht.

(Persbericht IBM)



## Geslachtsverandering in de zon

Een Amerikaanse bioloog heeft ontdekt dat de piassavapalm (*Attalea funifera*) van geslacht verandert, afhankelijk van de dichtheid van de begroeiing er omheen. De palm, die langs de Braziliaanse kust voorkomt, heeft bloemen die op bijna twee meter lange stelen zitten. De bloeiwijzen kunnen mannelijk, vrouwelijk of hermafroditisch (tweeslachtig) zijn.

Robert Voeks, van de Universiteit van Californië in Berkeley, die deze planten onderzocht, merkte op dat alleen lange bomen vrouwelijke bloeiwijzen maken en vrucht kunnen dragen. Kortere bomen maken bijna alleen mannelijke bloeiwijzen, behalve wanneer ze vrij in het veld staan, zonder bomen er omheen. Blijkbaar hebben naburige bomen invloed op het geslacht van de palm, aldus Voeks.

Hij mat daarom de hoogte van de bomen rond piassava's. Palmen waar veel bomen omheen stonden droegen alleen vrouwelijke bloemen als ze hoger werden dan de naburige bomen. In die bomen komen de vrouwelijke bloemen tot ontwikkeling ten koste van de mannelijke. Een geslachtsverandering naar man trad op wanneer andere bomen de palm in de schaduw zetten. Volgens Voeks maakt zeker 10% van de palmen in de loop van de tijd een

geslachtsverandering in één of andere richting door.

De piassava verandert van geslacht vanwege de enorme hoeveelheid energie die het vrouwelijk van deze palmen vraagt. De vruchten, die in de verte aan avocado's doen denken, wegen bij een vruchtdragende boom samen al gauw 50 kg en dat legt een enorm beslag op de voorraden reservevoedsel van de plant. Alleen

als de plant voldoende zonlicht vangt, kan hij deze belasting aan. Vandaar dat alleen hoge en vrijstaande bomen voor het vrouwelijk geslacht in aanmerking komen. Wanneer omringende bomen gekapt worden is de piassava in staat om daar zeer snel door een geslachtsverandering profijt van te trekken.

(*New Scientist*)

## Puberteit

Meisjes komen tegenwoordig vroeger in de puberteit dan pakkend een eeuw geleden. Vermoed wordt dat dit met de voeding samenhangt. Een verband tussen voeding en de puberteit is al lang bekend. Vrouwen die ondervoed zijn hebben bijvoorbeeld vaak geen menstruatie. Onbekend is echter welke stoffen in de voeding van invloed zijn.

Aanvankelijk dacht men dat het aantal calorieën bepalend was. Meisjes krijgen geen eerste menstruatie als ze onder een zeker minimumgewicht zitten. Nu blijkt echter dat vooral de consumptie van vetten de doorslag geeft. Susan Schwartz van het Yerkes Primate Center in Atlanta, Georgia kwam hier achter nadat zij

jonge vrouwelijke rhesusapen op een vetrijk dieet zette. Twee groepen apen kregen een dieet dat qua calorieën gelijk was, maar de ene groep kreeg veel meer vet dan de andere. Beide groepen groeiden even hard en verschilden ook niet in hoeveelheid lichaamsvet, maar er traden duidelijke verschillen op in de hoeveelheden hormonen in het bloed. Bovendien trad de eerste menstruatie bij de apen met een vetrijk dieet gemiddeld vier maanden eerder op dan bij de 'magere' groep (27 tegen 31 maanden). Het verschil tussen jonge vrouwen van nu en die van een eeuw geleden kan dus vermoedelijk herleid worden tot patates frites, hamburgers en veel jus.

## Blinden PC

Computers waren tot voor kort slechts voor zienden. Wie blind is kan niets met de teksten op het beeldscherm, tenzij ze voorgelezen worden. Nu echter bestaat Visiobraille. Op het een speciaal daartoe ontwikkeld toetsenbord zijn niet alleen de toetsen van brailletekens voorzien, maar er

zit ook een display bij waarop de tekst op een beeldscherm tastbaar wordt weergegeven. In Frankrijk is de apparatuur met bijbehorende MS-DOS pakketten al op de markt. Nog wel prijzig: ca. FF 40 000 (f 12 000 of BF 216 000).

(*Explora*)

## Placebo

Even een grap pikken van onze collega's van het Britse *New Scientist*. Hoe verkoop je een nieuw geneesmiddel waarvan de tests uitwijzen dat het niet beter werkt dan een placebo (nepmidje)? Antwoord: met de slogan 'niets werkt beter'.

# Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

## Ouderschap

De ontwikkeling van de biowetenschappen en veranderingen in gedragspatronen hebben de mogelijkheden van het ouderschap verruimd, zoals *in vitro* bevruchting (reageerbuisbaby's), kunstmatige inseminatie en adoptie. Overheden hebben soms de neiging de bevolkingsaanwas te beïnvloeden.

### Een greep uit de inhoud:

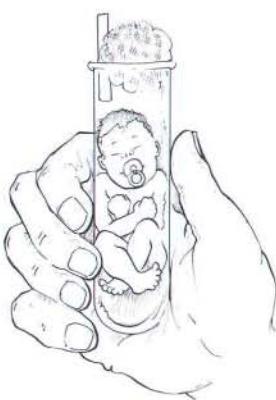
**Kinderwens en medische techniek**  
G.H. Zeilmaker

**Gezinsvorming**  
H.J. Heeren

**Adoptie van kinderen in nood**  
R.A.C. Hoksbergen

**Ouderschap in juridische zin**  
M.W. Rood-de Boer

**Bevolkingspolitiek**  
N. van Nimwegen



Het cahier OUDERSCHAP kan besteld worden bij Natuur en Techniek - Informatiecentrum - Postbus 415, 6200 AK Maastricht, tel. 043-254044, vanuit België: 00-3143254044. Het kost f 7,50 (145 F).

### AUTEURS

**Prof dr ir P.C.T. van der Laan** ('Hoogspanning') is op 13 april 1935 in Leiden geboren. Hij studeerde technische natuurkunde aan de TH in Delft en werkte daarna bij het FOM-instituut voor Plasmafysica in Nieuwegein en bij de Los Alamos Scientific Laboratories in de VS. Sinds 1978 is hij hoogleraar 'technieken van hoge spanningen en hoge stromen' aan de TU Eindhoven.

**Dr A.F.M. Moorman** ('Poortwachters') is op 16 november 1947 geboren. Hij studeerde biologie aan de Universiteit van Amsterdam, waar hij in 1978 promoveerde op een moleculairbiologisch onderwerp. Sindsdien houdt hij zich bezig met onderzoek op het terrein van de molekulaire ontwikkelingsbiologie.

**Dr W.H. Lamers** ('Poortwachters') is geboren op 17 september 1946 en studeerde geneeskunde aan de Universiteit van Amsterdam. Sinds 1970 is hij, met een onderbreking voor onderzoek in de VS, in dienst van het Anatomisch-Embryologisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam. Hij promoveerde in 1980.

**Prof dr R. Charles** ('Poortwachters') is op 3 april 1937 geboren. Hij studeerde biochemie aan de Universiteit van Amsterdam en promoveerde daar in 1968. Sinds dat jaar werkt hij bij de vakgroep Anatomie en Embryologie aan de moleculair-biologische achtergronden van de ontwikkeling.

**Prof dr F. Meijer** ('Fotonen') is geboren in Haarlem op 22 april 1937. Hij studeerde scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam, waar hij in 1965 promoveerde. Hij is sinds zijn afstuderen in 1962 verbonden aan het Natuurkundig Laboratorium van Philips; sinds mei van dit jaar als directeur.

**Dr ir J.M.F. Verhagen** ('Stalklimaat') is op 31 oktober 1954 in Arnhem geboren. Hij studeerde zoötechniek aan de Landbouwuniversiteit in Wageningen, waar hij in 1987 promoveerde. Sindsdien is hij adjunct-directeur van de Varkensfokkerijgroepering Fomeva te Cuyk.

**Prof dr ir M.W.A. Verstegen** ('Stalklimaat') is geboren in Helden op 31 maart 1941. Hij studeerde vee-teelt aan de Landbouwuniversiteit in Wageningen en promoveerde daar in 1971. In 1984 werd hij benoemd tot hoogleraar voeding van de eenmagigen bij de vakgroep veevoeding in Wageningen.

**Prof dr ir A.P.G. Kieboom** ('Koolhydraat') is op 27 mei 1945 in Rotterdam geboren. Hij studeerde chemische technologie aan de TU in Delft van 1962 tot 1967 en promoveerde in Delft in 1971. Sinds 1986 is hij hoogleraar organische scheikunde.

**Dr F.J.L. Van Eynde** ('Vertalen') is op 17 juli 1957 in Duffel geboren. Hij studeerde Germaanse filologie en filosofie in Leuven, Münster, Amsterdam en Stanford. Sinds 1985 is hij projectleider van Eurotra in Leuven; daarnaast was hij er enige tijd gastdocent computerlinguïstiek. Hij promoveerde in 1985.

# Veeteelt

---

Mensen die in (voor)steden wonen, en die vormen voor wat dit onderwerp betreft vermoedelijk ver over de negentig procent van de bevolking, hebben gewoonlijk geen enkel begrip van en voor de moderne veeteelt, of, nog algemener, van het bestaan van een boer. Er zullen er vermoedelijk maar weinig zijn die bijvoorbeeld weten dat die lodderig kijkende zwart- of roodwitte beesten die ze in de wei zien gewoonlijk voor de boer geen koeien zijn, maar pinken of vaarzen. Voor de boer is het vee een produktiemiddel of een produkt en dat maakt dat hij er voor stedelingen een gewoonlijk onbegrijpelijke houding tegenover heeft. En moet hebben. Een boer die zich aan zijn dieren zou hechten, zoals het stadskind zich aan zijn konijntje hecht, zou een onmogelijk bestaan krijgen.

Dat betekent niet, dat de boer 'slecht' is voor zijn dieren. In de meeste gevallen kan hij zich dat eenvoudig niet veroorloven: dieren die niet goed worden verzorgd groeien minder en produceren minder melk. Het doet misschien wat vreemd aan, maar de veeteler pleegt dierenwelzijn in guldens te meten. Guldens opbrengst wel te verstaan. Heel wat veeteeltkundig onderzoek is dan ook gericht op dierenwelzijn in deze betekenis: wat moet de boer doen om zijn dieren het zo naar de zin te maken dat ze zo produktief mogelijk zijn.

Nu zitten daar in een aantal gevallen zeker vreemde kantjes aan. Een bekend voorbeeld is de fokzeug, die hoegenaamd geen bewegingsvrijheid krijgt omdat ze dan wel eens op de biggetjes zou kunnen gaan liggen, wat die leuke rose dier-tjes gewoonlijk niet overleven. De (voor)stedeling is geneigd zich voor te stellen dat hij/zij zo zou moeten leven en reageert verontwaardigd.

Misschien wel terecht, maar dan toch vanuit een opvatting van menselijke verantwoordelijkheid voor een menselijke opvatting van wat er goed is voor een dier. Voor zover ooit duidelijk is geworden hebben dieren namelijk geen opvattingen, of (om een discussie over dolfinen te vermijden) hebben in elk geval de dieren die in de Nederlandse veestapel voorkomen geen opvattingen. Ook niet over wat goed voor hen is.

We raken hier aan een uiterst gecompliceerde discussie met een aantal filosofische kanten. In de eerste plaats is er het begrip dierenleed dat op de achtergrond al in de voorgaande alinea's aanwezig is. Is lijden niet een bewustzijnscategorie? Dat wil zeggen, moet men zich niet bewust zijn dat er een normsituatie is, en dat men van lijden spreekt als de ervaren toestand in negatieve zin daarvan afwijkt? En moet men zich dan niet bewust zijn dat men lijdt? Kan men aan een koe of een varken of een kip zo'n bewustzijn toeschrijven? Er zijn geen aanwijzingen voor.

Maar dan nog kan men (veronderstellenderwijs op grond van religieuze of bijvoorbeeld darwinistische opvattingen?) zeggen dat een dier zich het beste thuis moet voelen in een natuurlijke omgeving. Maar dan doet zich weer de vraag voor wat de natuurlijke omgeving is van de produkten van genetische technologie die de veestapel uitmaken. Is een grotendeels door de mens ontworpen koe eigenlijk nog wel een koe?

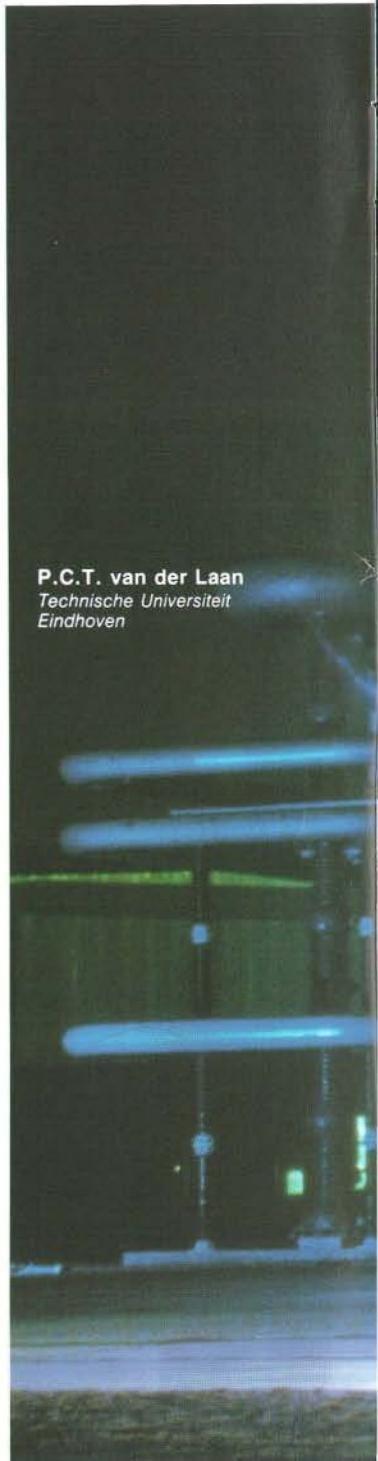
# HOOG SPANNING

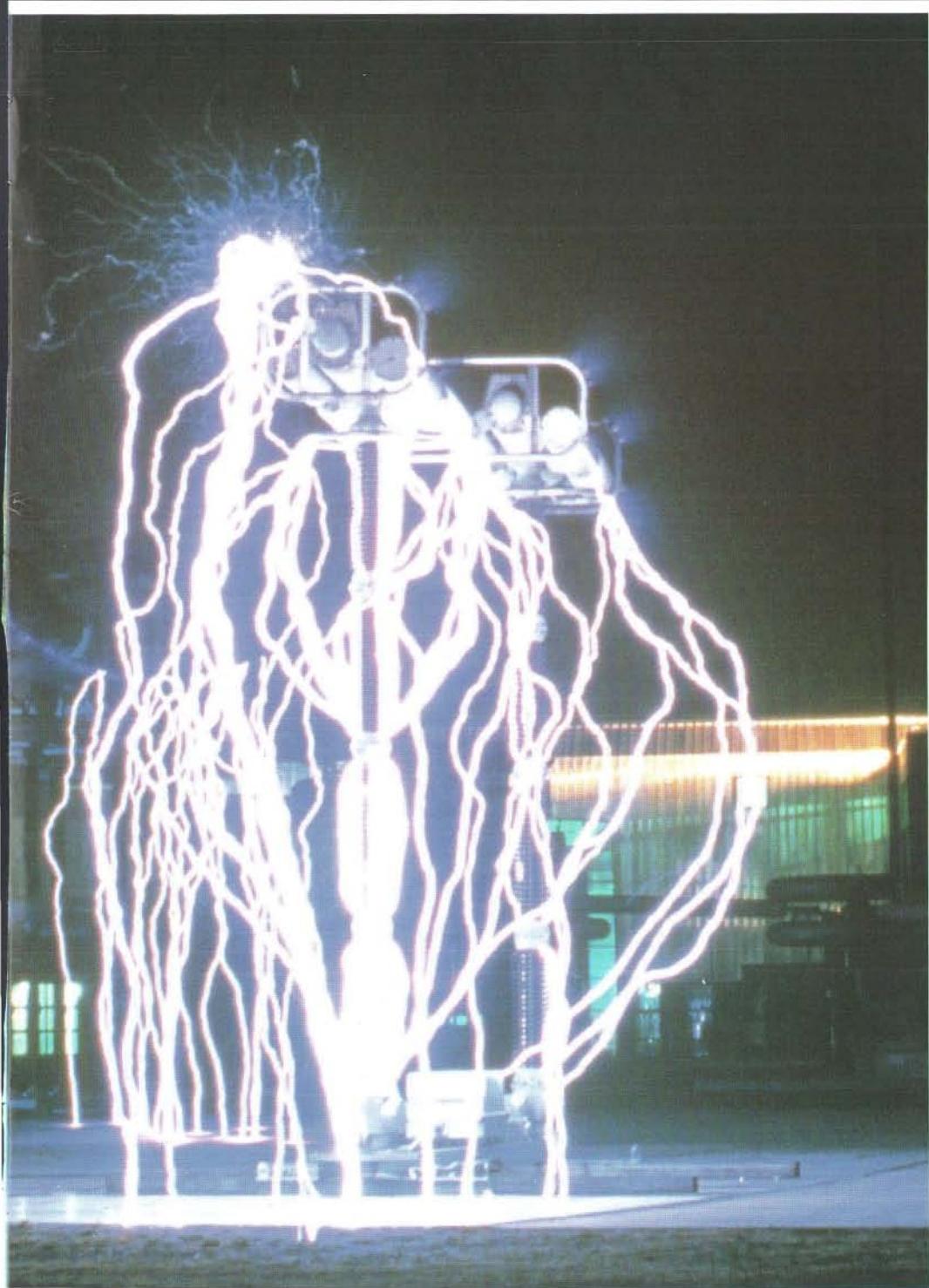
De bekende waarschuwend borden koppelen het woord 'hoogspanning' zeer direct met 'levensgevaar'. Bij de meeste mensen zal de associatie van hoogspanning met gevaar dan ook als vanzelf opkomen. Zoals we in dit artikel zullen zien, is het mogelijk om die gevraarlijke hoogspanning op een nuttige wijze te gebruiken.

Hoge spanningen worden in alle-dagse apparaten als televisietoestellen, auto's, elektrische gasaanstekers en kopieerapparaten toegepast. Daarnaast zijn ze absoluut noodzakelijk om energie over grote afstanden in het elektriciteitsnet te transporteren.

Het transport van elektriciteit van de centrale naar de consument vindt plaats via een hoogspanningsnet. Aan de schakelaars in dat net worden veel zwaardere eisen gesteld dan aan het lichtknopje thuis. Hoogspanningsschakelaars worden daarom uitgebreid getest onder extreme omstandigheden. Op deze foto blijkt de schakelaar buitenom over te slaan naar aarde. De camera heeft hier vele doorslagen na elkaar gefotografeerd.

P.C.T. van der Laan  
Technische Universiteit  
Eindhoven





Hoge spanningen en sterke elektrische velden komen niet alleen voor in de techniek, maar ook in de natuur. Heel fundamenteel zijn de elektrische velden die de positief en negatief geladen deeltjes in een atoom bij elkaar houden. De Coulombkracht, de kracht op een geladen deeltje in een elektrische veld is één van de vier fundamentele natuurkrachten. Als zodanig zijn elektrische velden mede verantwoordelijk voor het 'bij elkaar houden' van de wereld.

Binnenin de atomen zijn de elektrische velden zeer sterk. In een waterstofatoom bijvoorbeeld is het veld van de kern, het proton, ter plaatse van de meest nabij gelegen elektronenbaan (op  $5,3 \times 10^{-11}$  m afstand) zeer groot, namelijk  $5 \times 10^{11} \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ . In een elektrische gasontlading kunnen we zo'n elektron nog wel losrukken, maar er is geen sprake van dat we zwaardere atomen volledig zouden kunnen 'strippen' en bijvoorbeeld een molybdeenatoom van alle 42 elektronen kunnen ontdoen.

In de elektrotechniek blijven de toegepaste elektrische velden veel en veel kleiner dan de velden binnen atomen. Wel is het zo dat we, ook met bescheiden elektrische velden, enorm veel kunnen bereiken. Elektriciteit laat zich namelijk heel goed naar onze hand zetten, omdat we kunnen beschikken over materialen met zeer sterk verschillende geleidbaarheid. In geleiders, zoals koper, blijft, ook bij een behoorlijke stroomsterkte van zeg  $3 \text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$ , het elektrische veld nog zeer laag, namelijk circa  $0,05 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ . In isolatoren kunnen zeer veel hogere elektrische velden optreden, zonder dat er een noemenswaardige stroom loopt. Die grote verschillen in geleidbaarheid tussen geleiders en isolatoren zijn van essentieel belang voor de elektrotechniek. Zo kunnen we elektrische energie transporteren van een centrale naar een gebruiker over vele honderden kilometers zonder veel 'lek' onderweg. Op kleinere schaal kunnen we met koperdraden in een kast, of met metaalsporen op printplaten of siliciumplakken ingewikkelde schakelingen bouwen die keurig doen wat wij willen. Elektriciteit laat zich kanaliseren en daardoor beheersen.

Bij een aantal toepassingen in de elektrotechniek en ook in de natuur zelf komt hoogspanning voor. Een overzicht van de situaties waarin hoge velden of hoge spanningen van belang zijn, geven we in tabel 1.

1. Een onweer ontladt zich boven de gebouwen van de Technische Universiteit in Eindhoven. De camera heeft lang openge-

staan om zoveel bliksems te registreren. Bij een gemiddelde bliksem loopt gedurende  $50 \mu\text{s}$  een stroom van 20 000 A.

TABEL 1 Hoogspanning in diverse situaties

Categorie	Voorbeeld
Natuurlijke elektriciteit	Bliksem, elektrostatische ontlading
Gewenste ontladingen	Autobougie, gasaansteker
Krachten op elektronen of ionen	Televisiebus, röntgenbus, versnellers
Krachten op grotere deeltjes	Stofvanger, verfspuit, kopieermachine
Elektrische energie-overdracht	Pulsed power, deeltjesbundels, elektrische energievoorziening.

### Natuurlijke elektriciteit

In de atmosfeer blijkt er, ook bij mooi weer, een naar beneden gericht elektrisch veld te bestaan van circa  $150 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ . Bij toenemende hoogte wordt dat veld kleiner, omdat de lucht steeds meer geladen deeltjes bevat en daardoor beter geleidend wordt. Op een hoogte van ongeveer 50 km ligt als het ware een geleidende laag, die positief geladen is en samen met het aardoppervlak een grote geladen condensator vormt.

Een vraag is hoe die condensator, ondanks de wereldwijde lek, geladen blijft. De meest waarschijnlijke verklaring is dat alle onweersbuien samen als een soort 'batterij' de laag steeds weer opladen. Bij de vorming van de hoge onweerswolken blijkt een ladingsscheiding op te treden, veroorzaakt door processen, als verticale luchtstromingen, vallende hagel en druppels. Die ladingsscheiding laadt in het algemeen de bovenkant van de wolk positief en de onderkant negatief op. Verder brengen deze processen in de hoge onweerswolk de ladingen vaak vele kilometers van elkaar. Daardoor ontstaan de zeer grote spanningen die verantwoordelijk zijn voor de bliksem, lange en imposante ontladingen die overwegend ne-



1

2



2. Het hoogspanningslaboratorium van de Technische Universiteit Eindhoven. De metalen afscherming beschermt gevoelige apparatuur tegen storingen. De grote installatie is een 50 Hz hoogspannings-

bron die maximaal 900 kV en 2 A kan leveren. Door de grote afmetingen van de bollen wordt het elektrisch veld verkleind, zodat processen als doorslag en 'sproeien' niet kunnen optreden.

gatieve lading transporteren naar de aarde.

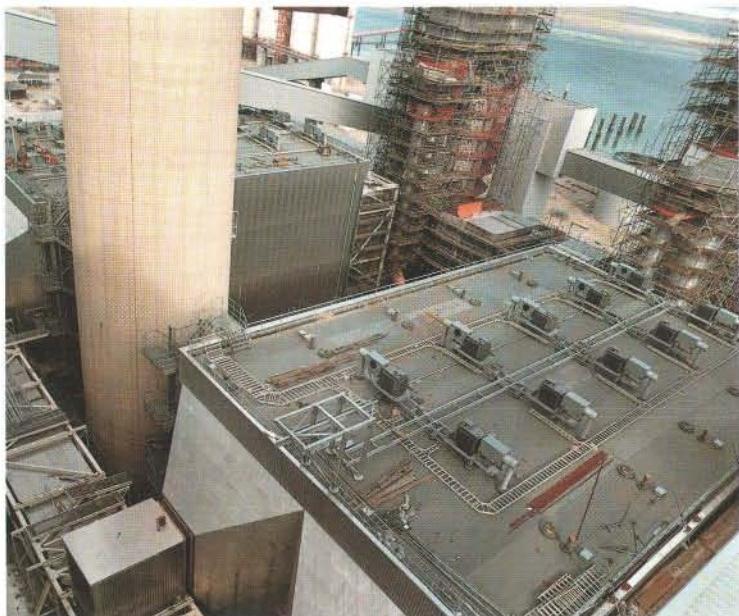
Bij blikseminslag treden grote stromen op. Piekwaarden van 20000 tot zelfs 100000 A zijn mogelijk. De negatieve inslagen, die negatieve lading op de aarde overbrengen, hebben vaak meerdere stroombijen achter elkaar, terwijl een zeldzamere positieve inslag meestal slechts één langer durende stroombij komt voor.

Zeer veel zwakker dan de bliksem zijn de kleine vonkjes die overspringen als we bijvoorbeeld over een nylon tapijt lopen en daarna een metalen voorwerp aanraken. Door het lopen over het tapijt laden we ons op en brengen we onszelf op relatief hoge spanning (in de orde van 10000 V). Het opladen verloopt langzaam, de ontlading, de vonk, daarentegen zeer snel. Daardoor is die elektrostatische ontlading met z'n geconcentreerde energie gevaarlijk voor moderne elektronica. Het aanraken van het toetsenbord van een computer kan zo een storing opleveren, of zelfs blijvende schade aanrichten aan de micro-elektronica.

Vaak wordt hoogspanning echter gebruikt om een gewenste ontlading, meestal een vonk, te maken waarmee een ander proces op gang wordt gebracht. Voorbeelden uit het dagelijks leven zijn de autobougie en de piezo-elektri-

3. Bij kolengestookte elektriciteitscentrales wordt hoogspanning toegepast om vliegas uit de rookgassen te verwijderen. De rook wordt langs onder hoogspanning staande coronaaddraden geleid, waarbij de vliegasdeeltjes worden opgeladen. Door het aanwezige elektrische veld worden de deeltjes vervolgens naar geaarde plaatvormige elektroden getrokken.

4. De SPICA II-opstelling in het FOM-instituut voor Plasmafysica in Nieuwegein. In het ronde vat in het midden wordt een plasma gecreëerd. Vijf condensatorbatterijen, voeren daartoe bij spanningen van 50 kV in het totaal 5 MA aan de installatie toe. Kortstondig worden vermogens toegevoerd die een veelvoud zijn van de maximale belasting van het elektriciteitsnet.



3

sche gasaansteker. De vonken die daarin ontstaan zetten chemische processen in gang, in dit geval het verbranden van benzine of gas. De vonk is heet genoeg voor dit doel, omdat het 'doorslaan' van de vonk een prima middel is om elektrische energie ineens in zeer korte tijd en ook geconcentreerd in een klein volume te laten vrijkommen. Op zijn beurt wordt de hoogspanning en de elektrische energie die daarmee samenhangt weer opgewekt door omzetting uit een andere energievorm. In het geval van de auto krijgen we de hoogspanning, uit de magnetische veldenergie in de bobine. Bij de gasaansteker geeft een veersysteem een tik op het piëzokristal, waardoor een hoogspanningspuls ontstaat.

### Krachten op deeltjes

Hoogspanning wordt veel gebruikt om via grote elektrische velden krachten uit te oefenen op elektronen of ionen. In televisiebuizen en in de beeldschermen van computers treffen snelle elektronen het scherm. We krijgen een helder scherp beeld als de elektronen voldoende energie hebben en als de bundel goed is gefocueerd. Hoogspanningsbronnen zorgen hiervoor. Hoewel thans geprobeerd wordt om de

beeldbuizen met hun hoogspanningsbron te vervangen door platte beeldschermen van het LCD-type (Liquid Crystal Display), is het nog niet eenvoudig om de kwaliteit van een 'klassieke' beeldbuis te evenaren.

Ook voor het opwekken van röntgenstraling zijn snelle elektronen nodig, terwijl allerlei kernreacties alleen tot stand komen dank zij snelle elektronen of ionen. Daarom komt er in de versnellers die voor kernfysisch onderzoek gebruikt worden hoogspanning voor.

Uit de natuurkundeboeken kennen we de kracht die een elektrisch veld uitoefent op papiersnippers of bolletjes piepschuim. Een eerste technische toepassing van diezelfde kracht vinden we in de elektrostatische stofvanger die bij kolengestookte elektriciteitscentrales wordt gebruikt. In zo'n stofvanger brandt een zwakke corona-ontlading rond dunne, op hoogspanning staande, draden. Vliegasdeeltjes die met de rook door de stofvangers bewegen, worden opgeladen door ionen van de corona-ontlading, waarna het aanwezige elektrische veld de deeltjes naar plaatvormige geaarde elektroden trekt.

Bij het verfspoelen zou je graag alle verfdruppeltjes uitsluitend op het werkstuk laten komen. Door een spanningsverschil aan te leg-

gen tussen de verfspuit en het werkstuk, is die ideale situatie welhaast bereikbaar. De druppeltjes krijgen bij het verlaten van de spuitmond wat lading mee en worden vervolgens door het elektrische veld naar het werkstuk getrokken. Het werkstuk moet wel enigszins elektrisch geleidend zijn, maar als dat het geval is, kun je zelfs de achterkant ervan met verf bedekken zonder het om te draaien.

Een andere veel voorkomende toepassing vinden we in kopieerapparaten. Een draaiende trommel wordt eerst met behulp van een coronaontlading opgeladen. Daarna wordt van het fel verlichte voorwerp, de te kopiëren pagina, een beeld gemaakt op de trommel, waarbij op de belichte plaatsen de lading wegglekt. De nog wel geladen plekken trekken vervolgens zwarte deeltjes (toner) aan, en een positief beeld ontstaat. Een tweede corona-ontlading laat de zwarte deeltjes die het positieve beeld vormen, overspringen op een blanco vel papier waar het beeld vervolgens 'ingebakken' wordt.

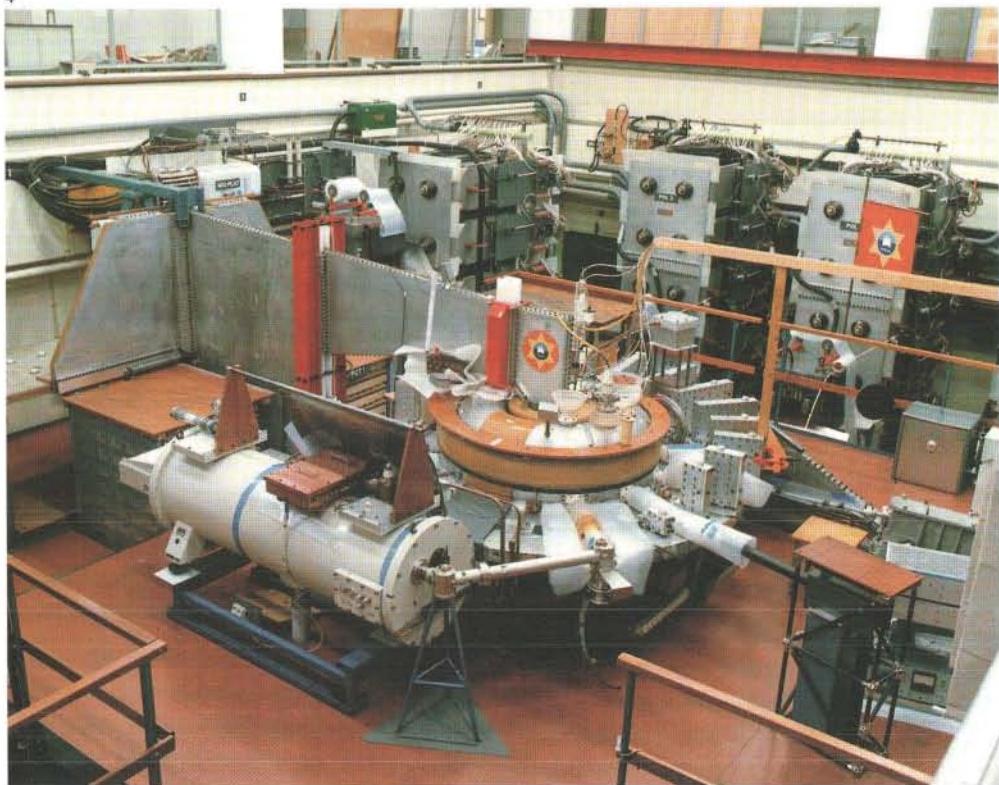
## Overdracht van elektrische energie

Hoogspanning is heel belangrijk bij het overdragen van elektrische energie. Terwijl het bij alle vorige toepassingen van hoogspanning ging om de speciale effecten die ermee te bereiken zijn, gaat het hier om de afweging welke spanning technisch en economisch het beste geschikt is om een bepaald elektrisch vermogen te transporteren. Dat vermogen, de hoeveelheid elektrische energie per seconde, wordt gegeven door het product van stroom en spanning. Bij de overdracht van elektrische energie heeft men veel vrijheid om geschikte combinaties van spanning en stroom te kiezen. Zowel aan grote stromen alsook aan hoge spanningen kleven overigens bezwaren, die in tabel 2 zijn samengevat.

### Pulsed power

We beschouwen uit de tabel eerst de effecten van de zelfinductie en de capaciteit. Vooral bij

4



het overdragen van zeer grote vermogens gedurende heel korte tijd, zijn die zelfinductie en capaciteit van de toevoerleiding van bron naar object belangrijk. Dat object kan een deeltjesversneller zijn of een gepulste laser, zoals die wordt toegepast bij fusie-experimenten waarin een klein bolletje gevuld met deuterium en tritium door vele deeltjes- of lichtbundels van alle zijden wordt samengeperst, om zo fusiereacties op gang te brengen. Bij die experimenten en ook op diverse andere onderzoeksgebieden, waaronder SDI (Star Wars), worden zeer grote vermogens toegepast. Het betreffende vakgebied, *pulsed power*, beschrijft hoe combinaties van hoge spanning en sterke stroom kunnen worden opgewekt. In feite komt dat neer op het opschalen van een 'elektronenflitser': een klein batterijtje laadt langzaam een condensator op, die dan geschakeld aan een gasontladingsbuis snel ontladen wordt.

Bij een pulsed-powersysteem bestaat de verbinding tussen bron en object vaak uit twee

TABEL 2 Problemen bij energie-overdracht door grote stroom of hoge spanning

Keus	Problemen
Grote stroom	Krachten op geleiders ten gevolge van stroom: doorbuigen, breken
	Verwarming ten gevolge van stroom: energieverlies, doorsmelten
Hoge spanning	Inductie-effecten bij wisselstroom: skineffect ten gevolge van het H-veld in geleider; zelfinductie ten gevolge van het H-veld tussen geleiders
	Duurdere constructie: meer isolatiemateriaal, grotere afmetingen, bijvoorbeeld hogere masten
	Risico voor doorslag: volledige doorslag, vereist maatregelen; gedeeltelijke doorslag, corona, geeft energieverlies
	Bij wisselspanning worden capaciteiten van belang

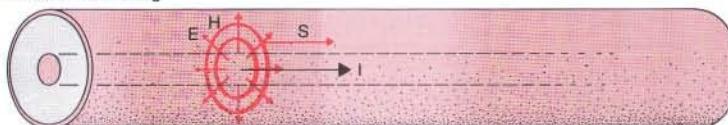
5



5. Schema van het energietransport van bron naar object door coaxiale geleiders. Bij 'pulsed power' installaties heeft de bron soms ook een coaxiale geometrie. Die coaxiale condensator – soms met zeer schoon water gevuld – kan nog sneller worden ontladen dan een gewone condensator.

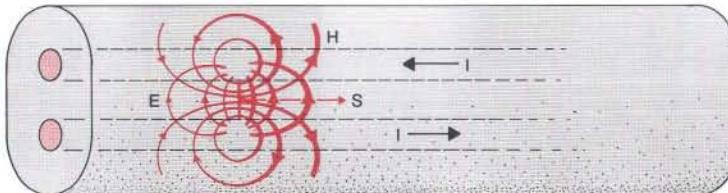
6

Coaxiale verbinding



6. Zowel in een coaxiale verbinding als bij twee parallelle geleiders kan uit het magnetisch veld  $\vec{H}$  en het elektrisch veld  $\vec{E}$  een Poyntingvector  $\vec{S}$  afgeleid worden. Deze ligt in het isolerend medium tussen beide geleiders en geeft de vermogensstroom weer.

Parallelle draden



7. Op de trommel van een fotokopieerapparaat is een dun laagje selenium gedampt. Dit metaal wordt toegepast omdat het de eigenschap heeft dat het gemakkelijk tot een hoge spanning opgeladen kan worden en weer snel kan ontladen.

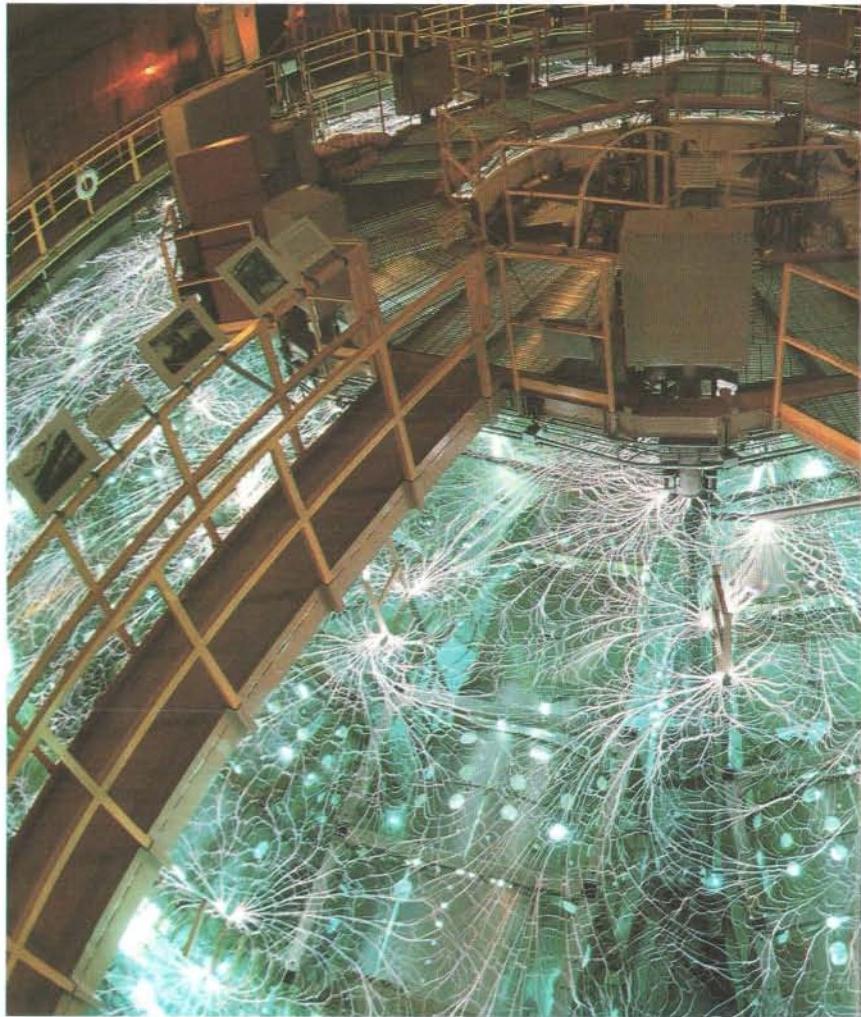
parallelle draden of uit twee coaxiale cilinders (zie afb. 5). De elektrische en magnetische velden in de verbinding bepalen de capaciteit en de zelfinductie van de verbindingssluiting. Deze werken elkaar als het ware tegen. Bij wisselstroom veroorzaken ze tegengestelde faseverschuivingen. We kijken daarom naar de grootte van de weerstand van het object. Bij een hoge weerstand blijven de stroom en de H-velden klein, zodat vooral de capaciteit van belang is. Anderzijds worden bij een lage belastingsweerstand worden de stroom en de H-velden zo groot dat de zelfinductie dominant blijkt te zijn. Tussen die twee uitersten ligt een optimale waarde van de belastingweerstand, waarbij de tegengestelde effecten van capaciteit en zelfinductie elkaar opheffen. Bij die karakteristieke weerstand,  $Z_0$ , kan men berekenen uit de capaciteit C en de zelfinductie L per meter van de lijn. Het blijkt dat  $Z_0 = \sqrt{L/C}$ .

De orde van grootte van  $Z_0$  is voor twee parallelle cilinders 300 Ohm, en voor twee coaxiale cilinders 50 Ohm. In het coaxiale systeem kan men de diameter van de binnengeleider vergroten en de tussenruimte tussen binnen- en buitengeleider met zeer zuiver water vullen. Zeer zuiver water isoleert en heeft een grote diëlektrische constante ( $\epsilon_r = 80$ ) en werkt daardoor de zelfinductie tegen, terwijl de capaciteit vergroot wordt. Door geometrie en vulling is dan een  $Z_0$  van circa 1 Ohm te bereiken. Op deze wijze zijn bij spanningen van een miljoen Volt (1 MV) stromen van 1 MA mogelijk en dus vermogens van  $10^{12}$  Watt.

Bij de bovenstaande beschouwing ging het eigenlijk vooral om de elektromagnetische golf in de tussenruimte tussen de geleiders. Het samenspel van E- en H-velden is verantwoordelijk voor het vermogenstransport. In het dagelijks leven zeggen we meestal dat de elektrische energie door de draden wordt getransporteerd. In feite is het beter te zeggen dat het elektrische

7





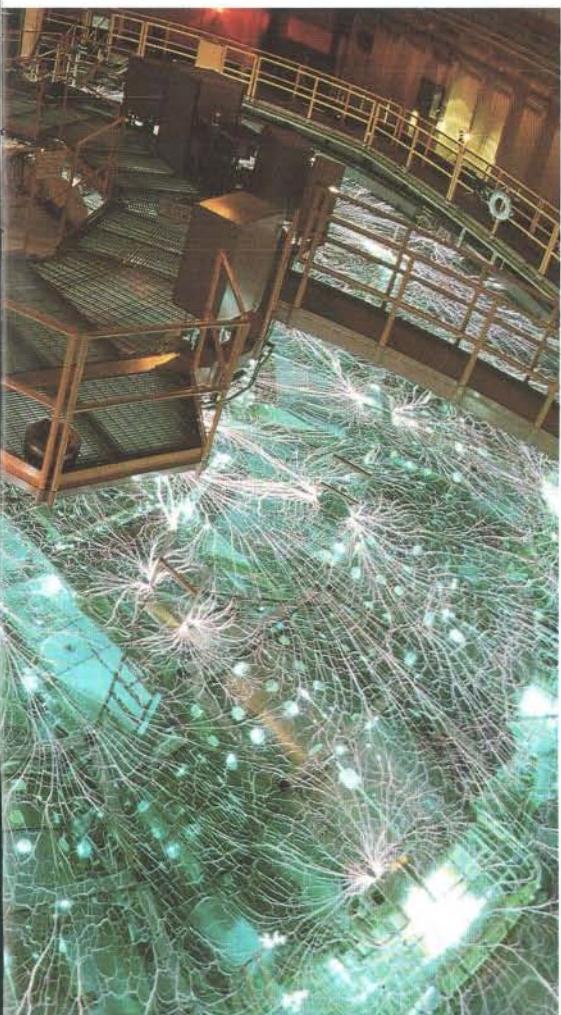
8

8. In de Sandia National Laboratories in de Amerikaanse stad Albuquerque tracht men kernfusie op gang te brengen door deuterium- en tritiumkernen met behulp van hoogenergetische ionenbundels op elkaar te 'persen'. In de Particle Beam Fusion Accelerator wordt vanuit 36 bronnen aan de omtrek energie naar de ionenbron in het midden gevoerd. Gedurende  $30 \text{ ns}$  ( $3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ ) is daar  $10^{14}$  Watt beschikbaar. Als bijverschijnsel van zo'n puls ontstaan glijvlonken over het water waarin de installatie is ondergedompeld.

energie door het *isolatiemateriaal* loopt, ge- symboliseerd door een Poyntingvector  $\vec{S}$ , loodrecht op de richtingen van  $\vec{E}$  en  $\vec{H}$ , en gegeven door het vectorproduct  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ . De energiestroom loopt dus niet in de cilindrische geleiders, maar in het isolerende medium tussen de geleiders. Duidelijk is dan ook dat het isolatiemateriaal heel belangrijk is. Zonder isolatie is geen hoogspanning mogelijk, geen  $E$ -veld en dus ook geen Poyntingvector en energietransport. Maar evenzo geldt dat zonder geleiders waarin de stroom loopt, de golf niet gebundeld blijft en een goede energieoverdracht niet mogelijk is.

### Openbare energievoorziening

Via uitgestrekte netten van hoogspanningslijnen worden we voorzien van elektrische energie. Die energie wordt geleverd als een wisselspanning (en wisselstroom) van lage frequentie; in West-Europa 50 Hz. Bij die frequenties zijn de zelfinductie en de capaciteit van de verbindingsslagen ook van belang, zeker bij een grote lengte van de lijnen. Net als bij de pulsed power is het daarom interessant om na te gaan of de verbinding met de karakteristieke belasting  $Z_0$  kan worden afgesloten. Bij die belasting brengt de lijn een vermogen



$IV = V^2 \cdot Z_0^{-1}$  over. Die simpele formule laat al zien waarom we hoge spanning nodig hebben om grote vermogens over te brengen. Immers de waarde van  $Z_0$  volgt, zoals al eerder werd betoogd, uit de geometrie van de verbindingslijn: circa 300 Ohm voor een vrij opgehangen hoogspanningslijn en circa 50 Ohm voor een, meestal ondergrondse coaxiale hoogspanningskabel. Met een hogere spanning  $V$  kunnen we dus een  $V^2$  maal hoger vermogen overbrengen naar een belasting  $Z_0$ .

Nu heeft men in de energievoorziening niet de mogelijkheid om simpelweg steeds een belasting  $Z_0$  aan te sluiten; de klant beslist op

grond van eigen behoefte hoeveel belasting hij aansluit. Op zich is dat niet zo ernstig. Zeker in kleinere landen waar de lengte van de hoogspanningslijnen beperkt blijft, is het effect van het resterende inductieve karakter – als er meer stroom loopt dan correspondeert met  $Z_0$  – of het resterende capacitieve karakter, als er minder stroom loopt, niet zo ernstig. Die zelfinductie of die capaciteit veroorzaken wel faseverschuivingen in de wisselstroom, maar geen energieverlies in directe zin.

Geen elektriciteitsbedrijf kan het zich echter veroorloven bij de productie en bij het transport van de elektriciteit te veel energie te verliezen. Het blijkt dan al snel dat hoogspanning toegepast moet worden om de energieverliezen binnen de perken te houden. We demonstreren dat door op papier uit te rekenen hoe we een 380 kiloVolt leiding – de hoogste spanning in gebruik in Nederland en België – zouden moeten veranderen om er bij een huishoudelijke spanning van 220 V toch evenveel vermogen mee te kunnen transporter. Bij dat omrekenen moeten we wel wat zijpaden op om gebruikte begrippen uit te leggen, maar dat hoogspanning beslist nodig is, zal uiteindelijk blijken.

#### Effectieve, fase- en gekoppelde spanningen

Op onze stopcontacten thuis staat een wisselspanning met 50 perioden per seconde, ofwel 50 Hz. We kunnen die spanning schrijven als  $V \sin \omega t$ , waarin  $\omega$  gelijk is aan 314 radiaan.s<sup>-1</sup> ofwel 18000 °·s<sup>-1</sup>. De amplitude  $V$  is niet gelijk aan 220 Volt – zoals je zou denken – maar aan  $220\sqrt{2} = 311$  Volt. We geven namelijk van wisselspanningen vrijwel nooit de amplitude op, maar meestal de *effectieve waarde*, een maat voor de warmte-ontwikkeling die ontstaat in een weerstand. Een gelijkspanning van 220 Volt en een wisselspanning met een effectieve waarde van 220 Volt geven in eenzelfde weerstand dezelfde warmte-ontwikkeling.

Er is nog een complicatie. Terwijl we thuis vrijwel steeds éénfasestroom gebruiken, leveren de elektriciteitsbedrijven de elektrische energie in de vorm van driesafenzetstroom of draaistroom. Uit de distributietransformatoren, in de elektriciteitshuisjes in woonwijken, komen niet alleen leidingen met spanningen nul en  $V \sin \omega t$ , zoals we die in een stopcon-

tact aantreffen, maar bovendien ook twee leidingen met respectievelijk de spanningen  $V \sin(\omega t + 120^\circ)$  en  $V \sin(\omega t + 240^\circ)$ . In afbeelding 10, waarin de drie in fase verschoven sinussen zijn getekend, zien we dat op elk moment de som van de drie spanningen nul is. Als we de drie spanningen zoveel mogelijk gelijk beladen, geldt hetzelfde voor de som van de drie belastingsstroom, waardoor we de nulleider, de terugvoerleiding, weg kunnen laten of in ieder geval veel minder stroom kunnen laten voeren.

Thuis krijgen we één van de drie fasengeleiders en een nulleider, maar bijvoorbeeld in een fabriek worden alle drie de fasengeleiders toegevoerd. Dat systeem wordt dan steeds een 380Voltsysteem genoemd, naar de spanning tussen twee fasengeleiders, de *gekoppelde spanning*. Uit de afbeelding 11 en met behulp van de nodige formules uit de goniometrie volgt dat die gekoppelde spanning  $\sqrt{3}$  maal groter is dan de fasespanning:  $\sqrt{3} \times 220 = 380$  V. Diezelfde afspraak om een driesensysteem aan te duiden met de *gekoppelde* (en dan ook nog met de effectieve) spanning geldt ook voor de 380 kV leidingen waarover we het eerder hadden. In tabel 3 geven we een overzicht van de verschillende besproken spanningen.

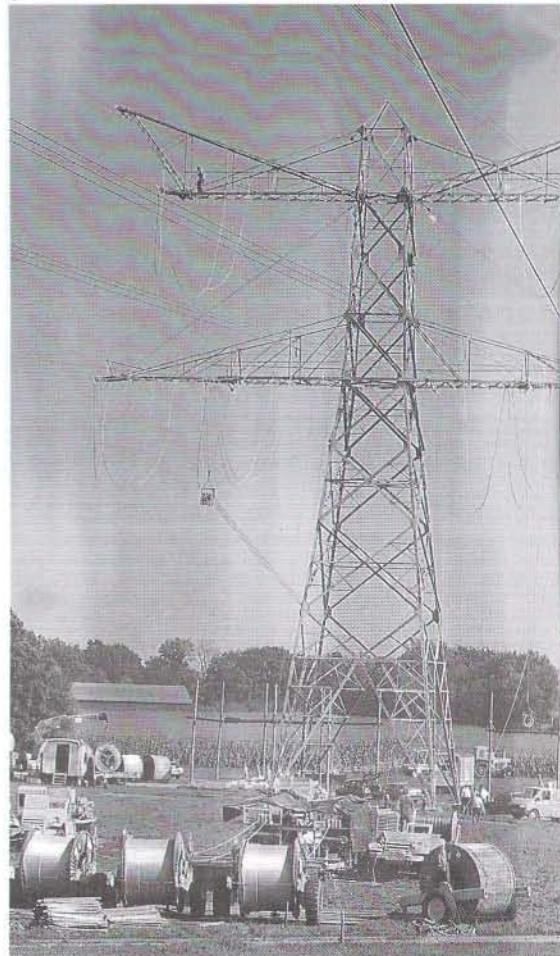
Behalve de twee genoemde gekoppelde spanningen, de hoogste en de laagste in gebruik in België en Nederland, worden er ook een aantal andere spanningsniveau's toegepast, als deel van een reeks in Europa genormaliseerde spanningen, te weten 10, 20, 50, 110, 156, 220, 275, 380 en 800 kV. Aan de constructie van de hoogspanningslijn is globaal te zien wat het spanningsniveau van de lijn is. Bij hogere spanningen horen in het algemeen hogere masten, langere isolatoren en grotere afstanden tussen de fasengeleiders onderling. Bovendien wordt bij hogere spanning iedere fasengeleider meestal opgedeeld in een aantal parallel lopende lijnen.

Zo'n bundelgeleider kan bestaan uit twee, drie of vier parallelle draden. Die bundel moet niet verward worden met het stelsel van de drie fasengeleiders die, aan aparte isolatoren hangend, altijd wel te herkennen zijn in de mast. De hoogspanningsmast voert soms één, vaak twee en heel soms drie van dergelijke stelsels, in Nederland circuits genoemd en in België draadstellen.

### 380 kV of 380 V?

Terugkomend op onze oorspronkelijke vraag, gaan we na wat de technische consequenties zijn als we het vermogen getransporteerd door een fasegeleider van een 380 kV-lijn, zouden willen overbrengen bij een fasespanning van 220 V. Omdat de fasespanningen een factor 1000 uiteenliggen, moet de 220 V lijn een duizendmaal grotere stroom voeren dan de fasegeleider van de 380 kV lijn om hetzelfde vermogen over te brengen. Het stroomvoerend oppervlak van de 220 V lijn moet daarom aanzienlijk groter zijn dan dat van de 380 kV fasegeleider; een factor 1000 als we de spanningsval als gevolg van de weerstand van de lijn

9



constant willen houden ( $i \times R$ ), maar in feite is een factor  $10^6$  nodig. Pas dan is het energieverlies ( $i^2 \times R$ ) in de lijn hetzelfde als in het geval van de 380 kV lijn.

Het stroomvoerend oppervlak van de meest gangbare 380 kV lijnen in België en Nederland is vrijwel gelijk, respectievelijk 1242 en 1272 mm<sup>2</sup>. In België wordt een bundel toegepast van twee geleiders van elk 621 mm<sup>2</sup> aluminium terwijl in Nederland een bundel van drie geleiders van elk 424 mm<sup>2</sup> aluminium wordt gebruikt.

Heel duidelijk is dat we tot zeer extreme constructies komen als we 1250 mm<sup>2</sup> met een factor  $10^6$  vergroten tot 1250 m<sup>2</sup>. Een aluminium cilinder van 40 m diameter is dan nodig

om – met dezelfde efficiëntie – het vermogen te transporteren. Het behoeft weinig betoog dat dit onuitvoerbaar is. Die conclusie wordt – voor wie nog twijfelt – verder versterkt, als we rekening houden met de krachten van de cilinders op elkaar en met het skineffect. De krachten tussen de cilinders, waarin stromen van circa  $2,5 \cdot 10^6$  A kunnen lopen, vereisen zware steunconstructies; het skineffect maakt het onmogelijk een massieve cilinder te gebruiken, omdat dan slechts de buitenste huid, tot op circa 13 mm diepte effectief stroom zou voeren. Hoogspanning is dus nodig; met een spanning van 220 Volt moeten we niet meer proberen te overbruggen dan de afstand tussen de transformatorhuisjes en onze huizen.

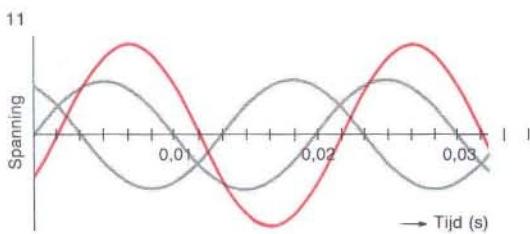
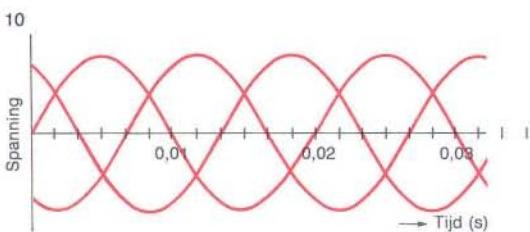
TABEL 3 Toegepaste spanningen in het elektriciteitsnet

Diverse spanningen	Bij gebruiker	Hoogste netspanning
Officiële aanduiding, de gekoppelde spanning, dit is de spanning tussen twee fasegeleiders; effectieve waarde	380 V	380 kV
Fasespanning, van een fasegeleider ten opzichte van nul; effectieve waarde	220 V	220 kV
Amplitude van de gekoppelde spanning	537 V	537 kV
Amplitude van de fasespanning	311 V	311 kV

9. Een 380 kV hoogspanningsleiding in constructie. In een dergelijke leiding worden in Nederland drie geleiders toegepast van 424 mm<sup>2</sup>, zodat het totale stroomvoerende oppervlak 1272 mm<sup>2</sup> is. De drie geleiders hangen in een gelijkzijdige driehoek met een zijde van 40 cm ten opzichte van elkaar. De kern van de geleiders bestaat uit zeven staaldraden voor de stevigheid, waaromheen 48 aluminiumdraden lopen voor het stroomtransport. In België gebruikt men twee geleiders. Door toepassing van een speciale aluminiumlegering zijn daar geen staaldraden voor de sterke nodig.

10. Driefasesspanningen die  $120^\circ$  ten opzichte van elkaar verschoven zijn. De som van de drie spanningen is op elk moment nul.

11. Het verschil tussen de tweefasesspanningen, de kleine sinussen die  $120^\circ$  verschoven zijn, is  $\sqrt{3}$  maal de grotere gekoppelde spanning (grote sinus).



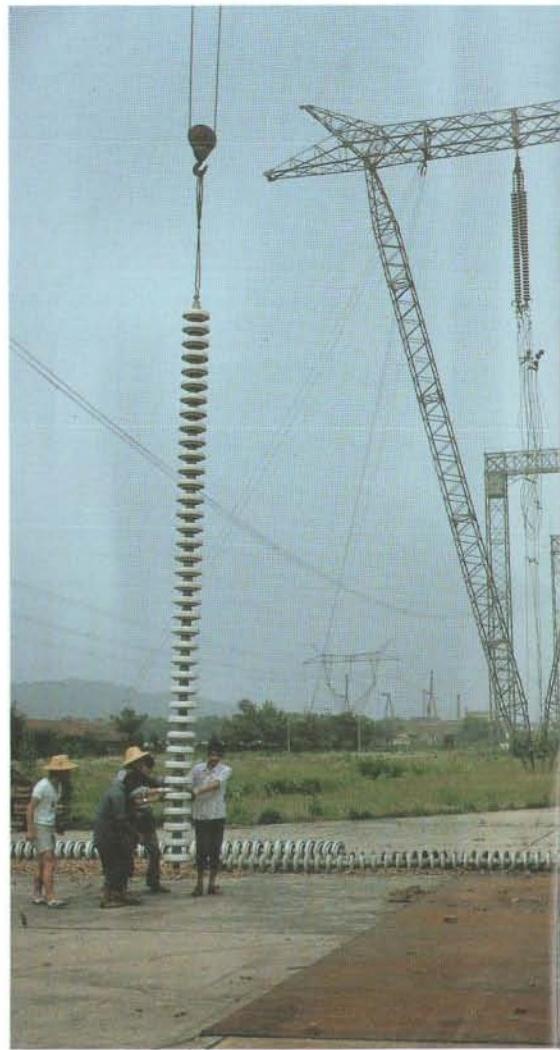
### Hogere spanningen en een hoger elektriciteitsverbruik?

Bij transport van grote vermogens over lange afstanden kan het economisch aantrekkelijk worden om nog hogere spanningen te gebruiken voor het energietransport. In kleinere landen en bij de tegenwoordige langzame groei van het elektriciteitsverbruik in West-Europa zijn spanningen hoger dan 380 kV waarschijnlijk niet nodig. In grote landen, waar reeds veel elektrische energie wordt verbruikt of waar een groei in dat opzicht wordt verwacht, ligt het toepassen van hogere spanningen meer voor de hand. In het bijzonder is dat het geval als er een grote afstand is tussen de centrales – bij waterkracht of bij steenkolenmijnen – en in gebieden waar veel elektrische energie nodig is.

In Canada en de Verenigde Staten bijvoorbeeld, grote landen met veel waterkracht in het noorden van Canada, worden reeds spanningen van 500 kV, 735 en 765 kV toegepast. Korte secties hoogspanningslijn voor 1100 kV zijn gebouwd voor testdoeleinden. In de Sovjetunie werkt men met 750 kV, terwijl ontwikkelingswerk wordt gedaan aan lijnen met 1150 kV.

Ook in China wordt hard gewerkt aan de uitbreiding van de elektriciteitsvoorziening. Vanaf grote waterkrachtcentrales, in de grote rivieren Huang He en Yangtze Kiang, lopen – of zullen binnenkort lopen – gelijkspanningsleidingen met + 500 kV en - 500 kV.

Het ziet er naar uit dat het verbruik van elektrische energie – met de daarvan gekoppelde toepassing van hoogspanning – in de toekomst nog sterk zal groeien. Dat geldt in de eerste plaats duidelijk voor de ontwikkelingslanden. Daar is elektrificatie een belangrijke stap in de weg naar verdere ontwikkeling. Scholing, medische zorg, communicatie en industrialisatie zijn, ook in de eenvoudigste vormen niet meer goed denkbaar zonder elektriciteit. In tal van landen probeert men daarom de elektriciteitsvoorziening uit te breiden, naar de (grote) gebieden waar nog geen elektriciteit is. Het werk aan de energievoorziening is daarom populair; er wordt niet met een scheef oog naar hoogspanningsmasten gekeken en studenten voor opleidingen in de energievakken zijn er beter te krijgen dan in Europa en Noord-Amerika.



12

Bij ons in Europa is op korte termijn niet zoveel groei te verwachten. De gestegen brandstofprijzen en de grotere aandacht voor het milieu hebben sinds de eerste oliecrisis in 1973 geleid tot aanzienlijke energiebesparingen. Als gevolg daarvan is er momenteel slechts een geringe groei van het elektriciteitsverbruik, terwijl 7% per jaar vroeger gebruikelijk was.

Toch is op langere termijn gezien, elektriciteit naar alle waarschijnlijkheid een steeds belangrijker tussenstap om energie naar onze huizen, kantoren en fabrieken te brengen. Als de relatief schone en gemakkelijk te distri-



12. Het testveld van het Wuhan High Voltage Research Institute in Wuhan, China. Deze installaties worden getest voor spanningen van 500 kV gelijkspanning en wisselspanning.

13. Een reclamebord op de campus van de Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering getuigt van de voordelen die aan elektrificatie van het land verbonden zijn.



13

bueren brandstoffen, zoals aardgas, opraken of te duur worden, zullen we over moeten stappen op andere energiebronnen. Vaak moeten dan meer milieumaatregelen genomen worden, wat meestal alleen mogelijk is als we grotere eenheden toepassen. Dat we ooit weer steenkool gaan stoken in huiskachels is onwaarschijnlijk en voor het milieu niet te hopen, maar we kunnen wel steenkool stoken in grote centrales, met goede milieumaatregelen om daarna ons huis elektrisch te verwarmen, liefst met een warmtepomp om het rendement te verbeteren. Dezelfde overwegingen gelden

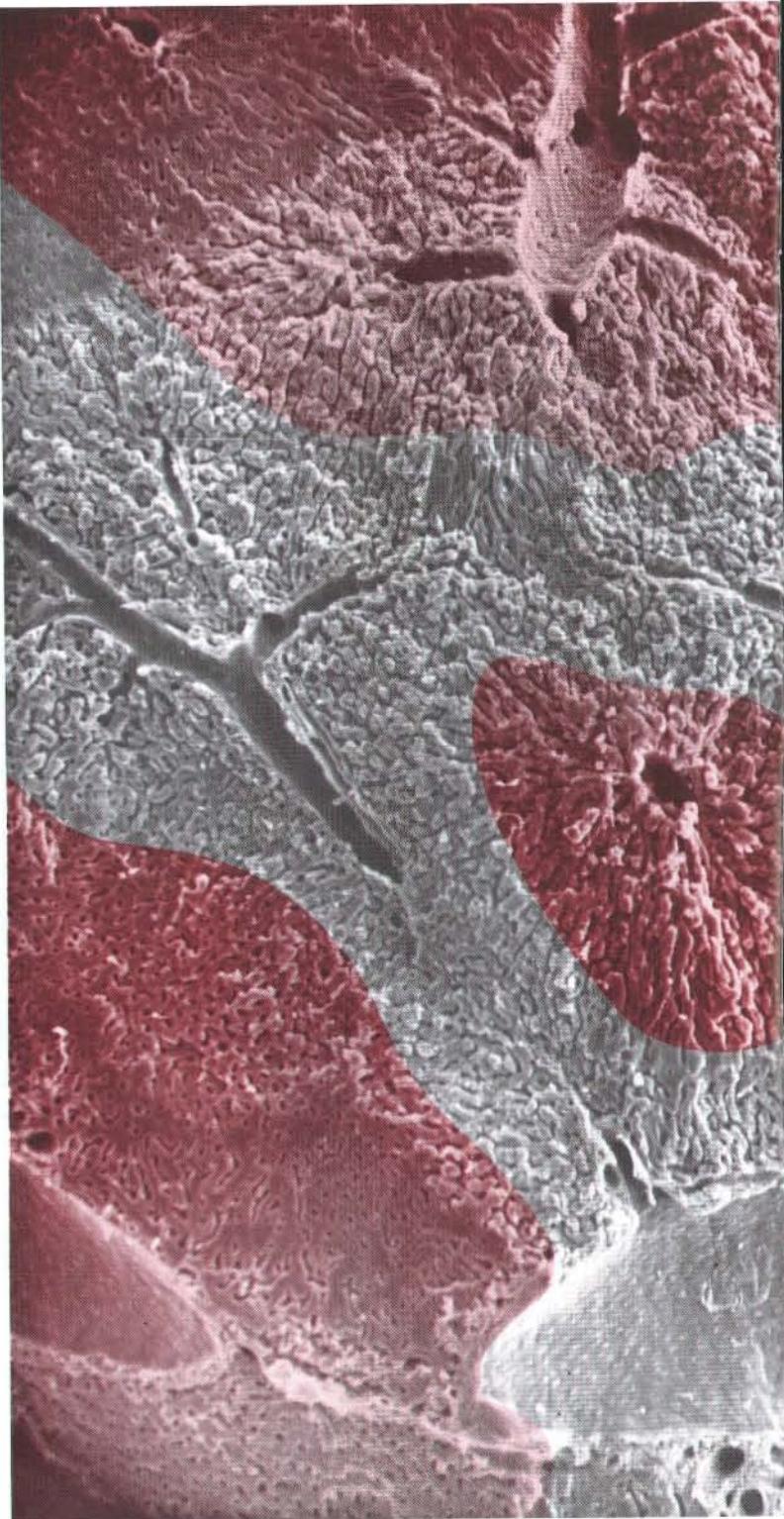
voor het verbruik van olie met hoog zwavelgehalte en voor de toepassing van kernenergie. Reeds nu wordt een belangrijk deel van de elektrische energie met kernenergie opgewekt. (gehele wereld 16%, België 60%, Nederland 8%). Voor de verdere toekomst hoopt men dat kernfusie het energieprobleem kan oplossen. Centraal opwekken van grote hoeveelheden elektrische energie hoort daarbij. Hoogspanning zal dan zeker nodig zijn om die energie naar de gebruikers te brengen.

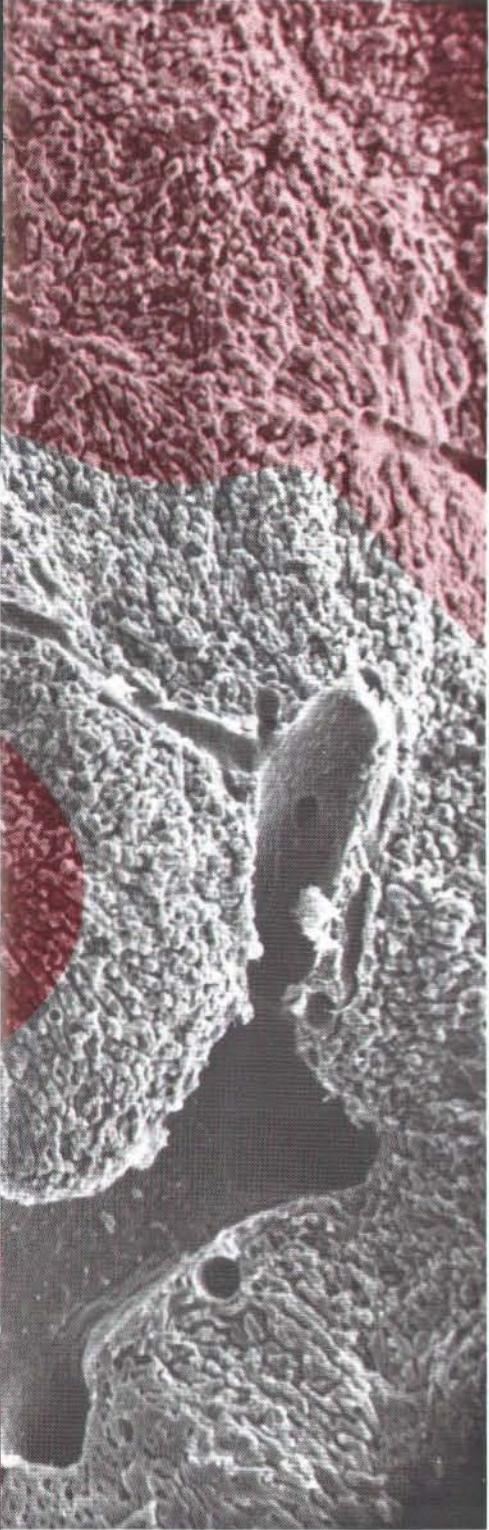
Nu we ons toch aan toekomstbespiegelingen wagen, moet ook iets gezegd worden over supergeleiders. Met de recente ontwikkelingen op dit gebied, zou je kunnen hopen op dunne draden die tot niet al te lage temperatuur gekoeld, zeer veel stroom voeren zonder dat we hoge spanningen hoeven te gebruiken. Bij toepassing van supergeleidende leidingen is één van de in tabel 2 genoemde problemen bij energie-overdracht met grote stromen vervallen. Door de supergeleiding is de verwarming door de stroom geen probleem meer, en daarmee is een akelige verliespost geheel verdwenen. Wel houden we de twee andere problemen over: de krachten op de geleiders en de inductie-effecten bij wisselstroom. Bij grote stromen werkt een elektriciteitsleiding net als een elektromotor: heen- en terugvoerleiding worden uit elkaar gedrukt. Het skineffect ten gevolge van het veld in de geleider kan, ook in een supergeleider, nog warmte-ontwikkeling en dus energieverlies veroorzaken. Voorlopig lijkt het daarom toch waarschijnlijk dat door de overblijvende fundamentele problemen hoogspanning een nuttige toepassing zal blijven vinden.

#### Bronvermelding illustraties

- Siemens Nederland, 's-Gravenhage: pag. 874-875.
- W. de Jong, Eindhoven: 1.
- Technische Universiteit, Eindhoven: 2.
- Apparatebau Rothenmühle GmbH, Rothenmühle, BRD: 3.
- W. van Zanten/FOM, Nieuwegein: 4.
- Rank Xerox, Venray: 7.
- Dr J.P. Van Devender/Sandia National Laboratories, Albuquerque NM: 8.
- Frans Ypma/APA-foto, Arnhem: 9.
- De auteur: 12 en 13.

# POORTWACHTERS





# *Controlefuncties van levercellen*

---

A.F.M. Moorman, W.H. Lamers en  
R. Charles

Anatomisch-Embryologisch Laboratorium  
Academisch Medisch Centrum  
Amsterdam

De lever vormt een belangrijke controlepost in ons lichaam. Dit orgaan zorgt ervoor dat het interne milieu, en met name de samenstelling van het bloed, niet al te sterk verandert. Stoffen die in overmaat in het bloed aanwezig zijn worden er opgenomen, eventueel optredende tekorten worden aangevuld. Hoewel alle levercellen op het eerste gezicht dezelfde structuur hebben, blijkt dat hun functies verschillen, afhankelijk van hun lokalisatie in de lever. Levercellen met verschillende functies blijken heel slim ten opzichte van de bloedstroom gerangschikt te zijn.

Op deze scanning-elektronenmicroscopische opname zijn de bloedafvoerende centrale gebieden met een kleur aangegeven. Het geheel van aanvoerende en afvoerende gebieden vormt een functionele eenheid, de leveracinus.

Eén van de grootste problemen waarmee een organisme als de mens voortdurend wordt geconfronteerd, is het feit dat na een maaltijd de samenstelling van het bloed drastisch kan veranderen. Bloed dat via het spijsverteringsstelsel stroomt komt daar soms plotseling in contact met grote hoeveelheden spijsverteringsprodukten. Zo worden koolhydraten bijvoorbeeld verteerd tot monosachariden, waarvan glucose de belangrijkste is, en eiwitten worden afgebroken tot aminozuren, waarvan er twintig verschillende voorkomen. Het bloed dat door het spijsverteringsstelsel stroomt kan daar dus tijdelijk grote hoeveelheden monosachariden en aminozuren aantreffen en meevoeren, waardoor de bloedsamenstelling enige tijd sterk verandert. Zonder verdere controle op de bloedsamenstelling zou het constante interne milieu van een organisme daardoor ernstig bedreigd kunnen worden. *Homeostase* is het mechanisme waarmee schommelingen in het interne milieu voorkomen worden. Eén van de belangrijkste organen dat dit soort problemen oplost, is de lever.

#### De lever als buffer

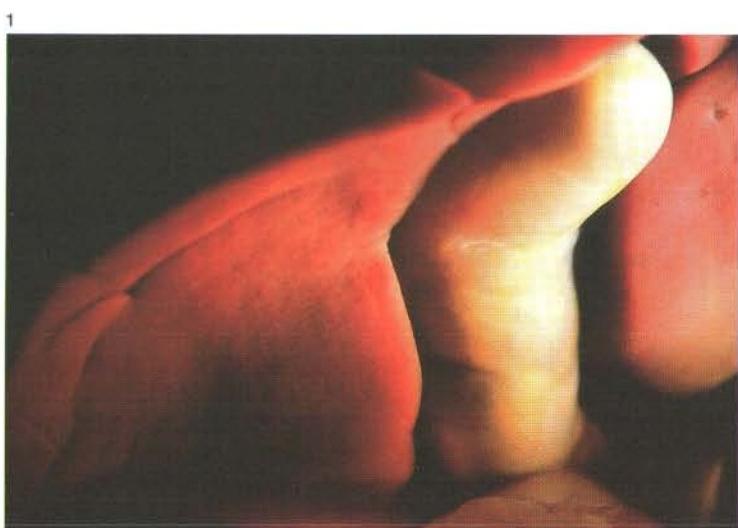
De lever is één van de grootste organen in het menselijk lichaam en weegt bij een volwassene circa 1,5 kg. Dit orgaan vervult een grote verscheidenheid aan functies – bijna alle omzettingen die in biochemische handboeken wor-

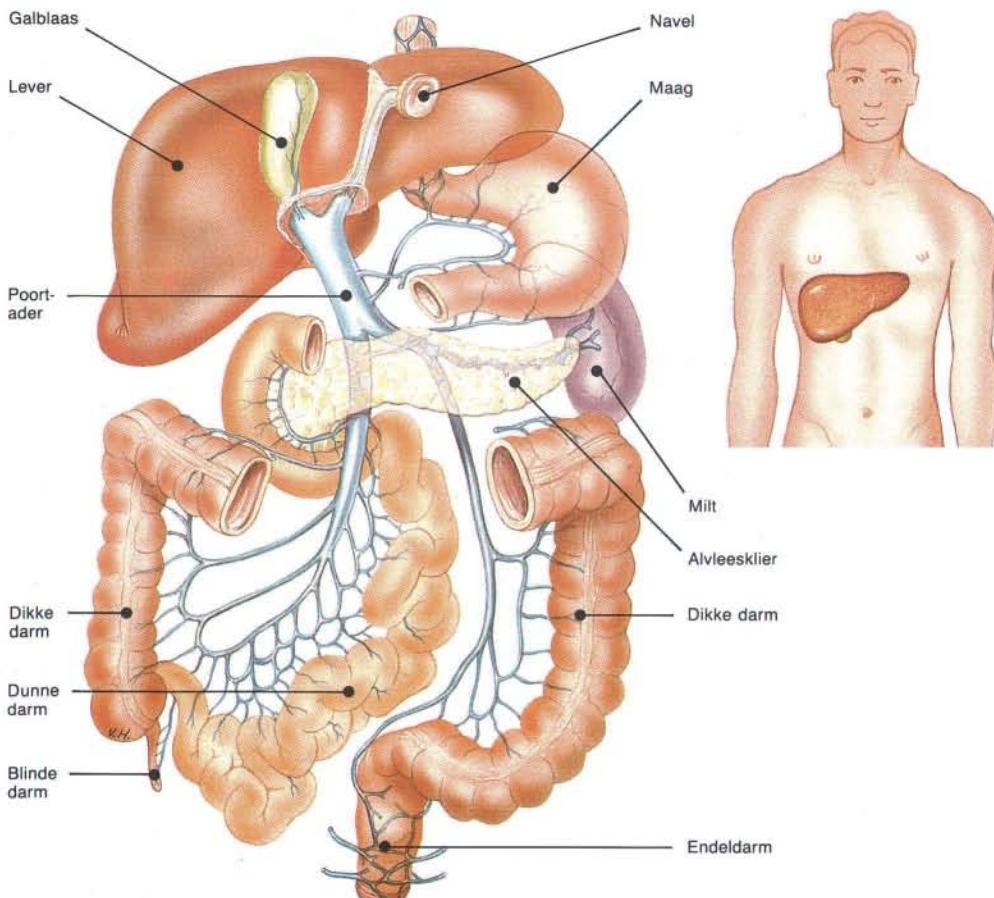
den vermeld. Maar één van de belangrijkste functies van de lever is het controleren van de bloedsamenstelling. Daartoe ligt de lever op een strategische plaats in het lichaam: vrijwel alle bloed dat afkomstig is uit het spijsverteringsstelsel moet eerst de lever passeren. Via de *poortader* stroomt dit bloed de lever binnen en via de *leverader* stroomt het weer weg naar het hart. Intussen heeft de lever een directe controle kunnen uitoefenen op het aangevoerde bloed; daardoor heeft het aangevoerde bloed weer een min of meer constante samenstelling.

De manier waarop de lever deze regulerende functie vervult zou men kunnen vergelijken met de wijze waarop een buffer werkt: hij kan opslaan en vrijgeven. Voor glucose gaat dit als volgt: de lever verwerkt een teveel aan glucose in het bloed door het in de vorm van glycogeen op te slaan of door het te verbruiken. Omgekeerd kan glucose, in geval van glucosetekort elders in het lichaam, weer worden vrijgemaakt. Voor aminozuren geldt iets soortgelijks: wat er teveel is aan aminozuren wordt in de lever afgebroken, waarbij de aminogroep ( $\text{NH}_2$ -groep) via ammoniak wordt omgezet in ureum. Tevens kan de lever ammoniak omzetten in het aminozuur glutamine. In beide gevallen is er sprake van processen van opbouw en afbraak, die in harmonie homeostase tot stand brengen.

Het valt niet te verwachten dat dergelijke tegengestelde processen in éénzelfde cel plaats-

1. Aan de onderkant van de lever bevindt zich ook de galblaas. Deze is op de foto te zien als een groengele zak. In de galblaas wordt gal aangemaakt. Deze vloeistof wordt via de galgangen naar de darm gevoerd en speelt daar een rol bij de vertering van vetten.





2

vinden. Als binnen dezelfde cel glucose of aminozuren niet alleen worden opgebouwd – het geen energie kost – maar ook weer worden afgebroken, zou er sprake zijn van zinloze energieverspilling. Een dergelijke ‘futile cycling’ zou de lever kunnen voorkomen door bepaalde cellen te specialiseren voor bepaalde functies. Op grond daarvan zouden we een zekere taakverdeling (*compartimentalisering*) binnen de lever mogen verwachten. Het zou interessant zijn om na te gaan of zo’n compartimentalisering in de lever inderdaad te vinden.

#### Architectuur van de lever

Zoals gezegd treedt de lever op als bufferstation tussen de aanvoerende poortader en de afvoerende leverader. In de bouw van de lever is

2. De lever ligt hoog in de buikholte, vlak onder het middenrif, tussen de darmen en het hart. Bloed met uit de darm opgenomen voedingsstoffen vloeit er doorheen. Het

komt de lever binnen via de leverpoortader en het verlaat haar via de leverader. De levercellen hebben in de tussentijd hun bufferende werking kunnen uitoefenen.

dit duidelijk te zien. De lever is te vergelijken met een spons, waarvan de holtes met elkaar en met de aan- en afvoerende bloedvaten in verbinding staan. De kleinste eenheid die nog alle structurele en functionele componenten van de lever bevat, is de *acinus*, een trosvormig stukje lever. In het centrum daarvan ligt een aanvoerend bloedvaatje, vanwaar het bloed naar afvoerende bloedvaatjes stroomt. Tussen de toe- en afvoerende vaten bevindt zich de sponsachtige structuur, waarvan de wanden bestaan uit cellen met typische leverfuncties, *hepatocyten* genoemd. Deze levercellen zijn gerangschikt tot platen van één cel dikte. Dank zij deze opbouw is er in principe een intensief contact mogelijk van het bloed met de levercellen.

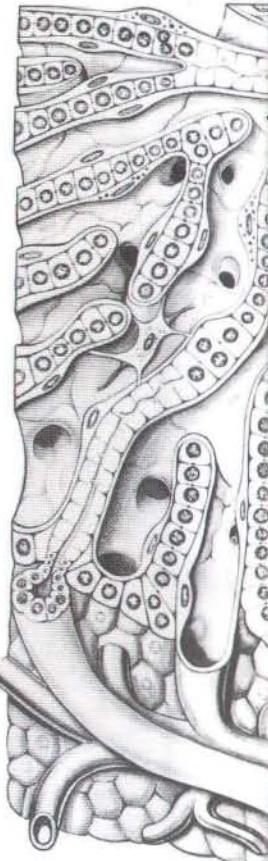
Bloed, afkomstig van het spijsverteringskanaal, komt in grote hoeveelheden de lever binnen via de poortader, die zich vele malen vertakt totdat uiteindelijk kleine bloedvaatjes overblijven. Het bloed uit de aanvoerende (portale) bloedvaten stroomt via de holtes langs de levercellen naar de afvoerende (centrale) bloedvaten. Op grond van dit stromingspatroon kan men een *periportale zone* onderscheiden van levercellen rondom een aanvoerend (portaal) bloedvaatje, evenals een *pericentrale zone* van levercellen rondom een afvoerend (centraal) bloedvaatje.

### Compartimentalisatie

Wanneer de hypothese juist is dat de lever een taakverdeling en compartmentalisering kent, mogen we verwachten dat de levercellen uit de periportale zone en die uit de pericentrale zone van elkaar verschillen. Inderdaad is uit onderzoek gebleken dat zowel de subcellulaire structuur als de enzyminhoud van deze hepatocyten twee zones van elkaar verschillen – zij het met enige overlap. Het meest opmerkelijk is dat bepaalde enzymen in één van beide zones gelokaliseerd zijn. Zo herbergen de levercellen uit de relatief zuurstofrijke aanvoerende zone meer enzymen voor glucoseafgifte uit de glycogeenreserves, terwijl de levercellen uit de relatief zuurstofarme afvoerende zone meer enzymen voor glucoseverbruik bevatten. Iets soortgelijks geldt voor enzymen die betrokken zijn bij het vastleggen van ammoniak: in de aanvoerende zone komt het enzym *carbamoylfosfaatsynthetase* voor, dat betrokken is bij de

3. Uit deze tekening blijkt duidelijk de sponsachtige structuur van de lever. Het aangevoerde bloed stroomt langs de in balkjes gerangschikte levercellen, zodanig dat elke levercel rechtstreeks met het bloed in aanraking komt. Er ontstaat zodoende een gigantisch oppervlak waaraan de cellen hun werking op de samenstelling van het bloed kunnen uitoefenen.

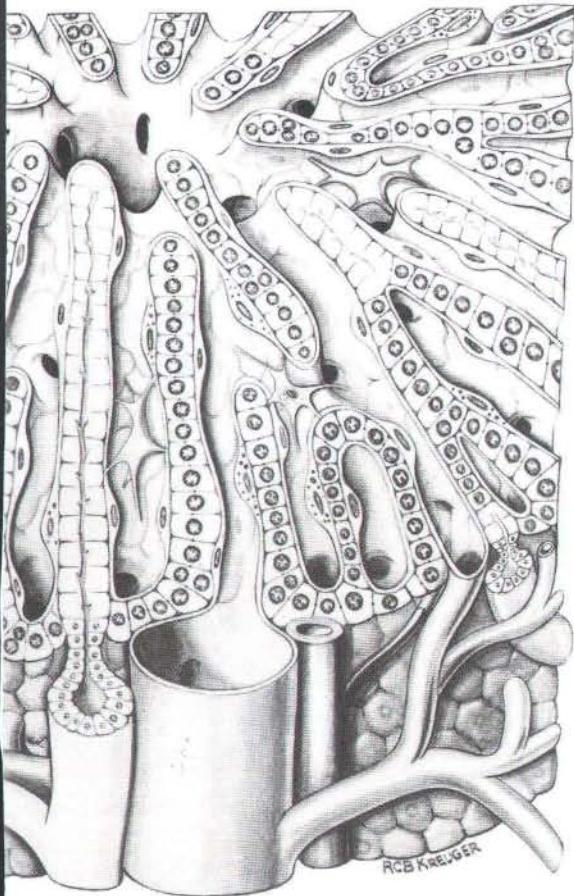
4. De heterogene rangschikking van enzymen in de lever blijkt uit deze twee foto's. Ze tonen twee coupes van dezelfde lever van een rat. Bij de linkerfoto is de coupe behandeld met een antistof tegen het enzym carbamoylfosfaatsynthetase. Rechts is hetzelfde gedaan met een antistof tegen het enzym glutaminesynthetase. Naarmate de zwarting intenser is, is er meer enzym aanwezig. We zien dat het eerste enzym vooral rond de portale vaten (P) aanwezig is en niet rond de centrale vaten (C). Voor het tweede enzym is het beeld precies andersom.



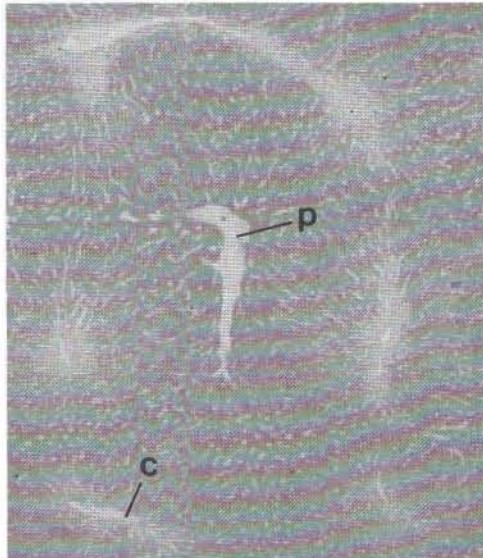
3

vorming van ureum; in de afvoerende zone vinden we veel *glutaminesynthetase*, dat in staat is ammoniak vast te leggen in het aminozuur glutamine.

Deze heterogene verdeling van enzymen past prachtig bij de hypothese dat de zones van een leveracinus een verschillende functie in de stofwisseling bezitten. Voor glucose is dit vrij inzichtelijk: de nettoproduktie van glucose blijft beperkt tot de instroomzone en nettooverbruik vindt plaats in de uitstroomzone. Afhankelijk van de resultante van beide processen kan de lever glucose opnemen dan wel afgeven en als buffer fungeren. Zo kan bij de instroom een 'tekort' worden aangevuld en kan bij de uitstroom een 'teveel' worden opgevangen. In het geval van de enzymen die ammoniak vastleggen, ofwel in de afvalstof ureum of in het aminozuur glutamine, ligt de zaak wat ingewikkelder dan men lange tijd gedacht heeft.



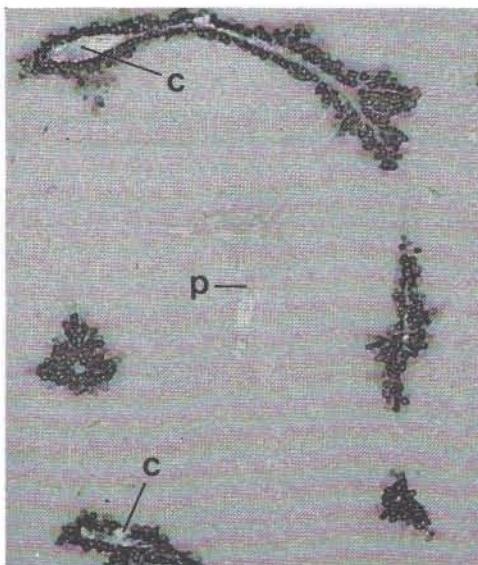
4

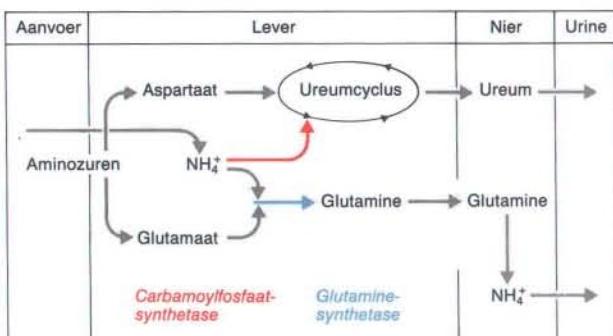


### Een bedreiging voor de pH-balans

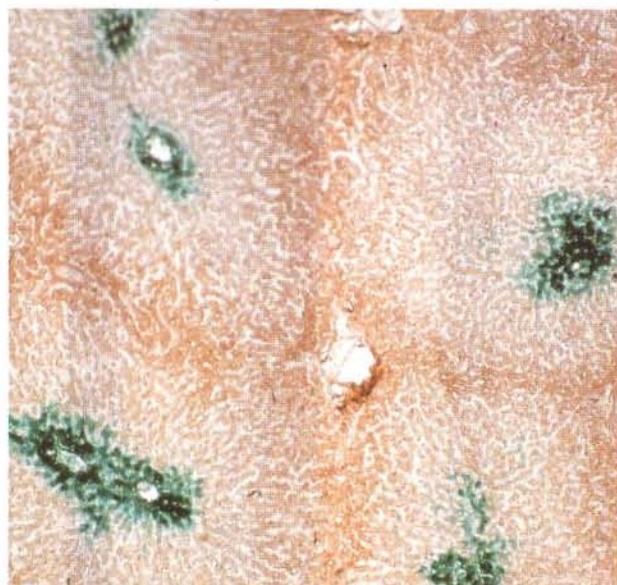
Dat  $\text{NH}_4^+$  in het instroomgebied gefixeerd kan worden door de synthese van ureum en in de uitstroomzone door de synthese van glutamine, blijkt niet alleen van essentieel belang te zijn voor een effectieve omzetting van het giftige ammoniak in de niet-giftige stofwisselingsproducten ureum en glutamine, maar ook voor een juiste regulering van het zuur-base evenwicht (pH-homeostase) in het lichaam. Met name de Amerikaanse onderzoeker Daniel Atkinson komt de eer toe deze tot voor kort onbekende functie van de lever te hebben onderkend.

Het bloed in ons lichaam wordt niet alleen gecontroleerd op zijn constante samenstelling van voedingsstoffen, maar ook op zijn zuur-base evenwicht. Relatief kleine veranderingen in deze balans zijn van grote invloed op vrijwel alle biologische processen in de cel; veranderingen van meer dan 0,3 ten opzichte van de gebruikelijke pH 7,4 zijn een serieuze bedreiging voor het lichaam. Het belangrijkste buffersysteem in het bloed is gebaseerd op de verhouding  $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ . Aangezien de longen gewoonlijk zorgen voor een constante  $\text{CO}_2$ -concentratie, is de pH in het bloed dus uitsluitend afhankelijk van de concentratie waterstofcarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Tot voor kort





5



6

werd algemeen aangenomen dat de concentratie van waterstofcarbonaat door de *nieren* constant wordt gehouden. Deze opvatting is echter moeilijk te handhaven, zoals uit het volgende moge blijken.

Bij de afbraak van aminozuren worden er niet alleen  $\text{NH}_4^+$ -ionen gevormd, maar tegelijkertijd – en in ongeveer gelijke hoeveelheden – ook  $\text{HCO}_3^-$ -ionen. Wanneer van 100 gram eiwit alle aminozuren volledig worden geoxydeerd, ontstaat er 60 gram waterstofcarbonaat. De gevormde  $\text{CO}_2$  kan door de longen worden verwijderd, maar de nieren spelen dat niet klaar met het waterstofcarbonaat. Want stel dat iemand dagelijkse één liter urine zou produceren, dan zou de waterstofcarbonaat-

concentratie hierin één molair moeten zijn! Deze waarde wordt echter lang niet gehaald, de concentratie is bij gezonde mensen veel lager.

Er is maar één manier om zo'n hoge concentratie waterstofcarbonaat – en daarmee de dreiging van een stijgende pH van het bloed (*alkalose*) – te voorkomen, en dat is een directe of indirekte neutralisering met protonen ( $\text{H}^+$ -ionen). Tijdens de evolutie van de zoogdieren is daartoe een bepaalde strategie ontwikkeld, namelijk die waarin metabole energie wordt aangewend om het  $\text{H}^+$ -ion uit het  $\text{NH}_4^+$ -ion vrij te maken en de resterende  $\text{NH}_3$  om te zetten in ureum. De overall-reactie van de ureumcyclus is weergegeven in afbeelding 5.

5. De stroom van gebonden stikstof in het lichaam. Aminoazuren en  $\text{NH}_4^+$ -ionen, afkomstig van de afbraak van eiwitten, worden naar de lever gevoerd. Deze stikstof wordt daar grotendeels omgezet in ureum in de ureumcyclus. Afhankelijk van de fysiologische situatie vindt omzetting van stikstof tot glutamine plaats. Na afbraak van glutamine in de nier wordt deze stikstof in de vorm van  $\text{NH}_4^+$ , naast ureum, in de urine uitgescheiden.

6. Op deze coupe van de lever van een mens zijn dezelfde enzymen als in afbeelding 4 op een andere manier gekleurd. Het carbamoylfosfaatsynthetase is daardoor roodbruin gekleurd en het glutaminesynthetase blauw. De verdeling is gelijk aan die bij de rat.

7. Een bevestiging van deze heterogene verdeling kan worden verkregen als men niet de enzymen kleurt, maar de mRNA-molekülen die voor deze eiwitten coderen. Elk enzym wordt blijkbaar alleen aangemaakt in de cellen waar het nodig is. Het is dus niet zo dat alle levercellen beide enzymen maken, waarna er naar behoefte één wordt uitgeschakeld.

8. Bij een groot aantal achter elkaar gemaakte coupes van één lever werd de verdeling van de enzymen carbamoylfosfaatsynthetase en glutaminesynthetase bepaald en ingevoerd in een computer om tot een driedimensionaal beeld te komen. Het eerste enzym is met groen aangegeven en ligt in een gebied dat duidelijk een continuum vormt. Het gebied waarin glutaminesynthetase voorkomt is aangegeven met de blauwe tinten en wit. Naarmate de kleur blauw donkerder is, ligt het enzym verder van de lezer af. Het gebied rond de centrale vaten waar dit enzym te vinden is blijkt een boomvormige structuur te hebben. De linkerfoto geeft het beeld van voren gezien, de rechter is van achteren.

### pH-homeostase

Door ammoniumionen om te zetten in ureum kan dus een dreigende pH-stijging worden afgewend; evenzo kan een dreigende verzuring van het bloed (*acidose*) gecompenseerd worden door een tijdelijke verlaging van de ureumsynthese. En daarmee zijn we terug bij de lever, want alleen de lever is hiertoe in staat – dank zij een combinatie van enzymen die alleen in de lever voorkomen. De lever heeft hiermee een nieuwe homeostatische of regulerende functie ‘erbij gekregen’.

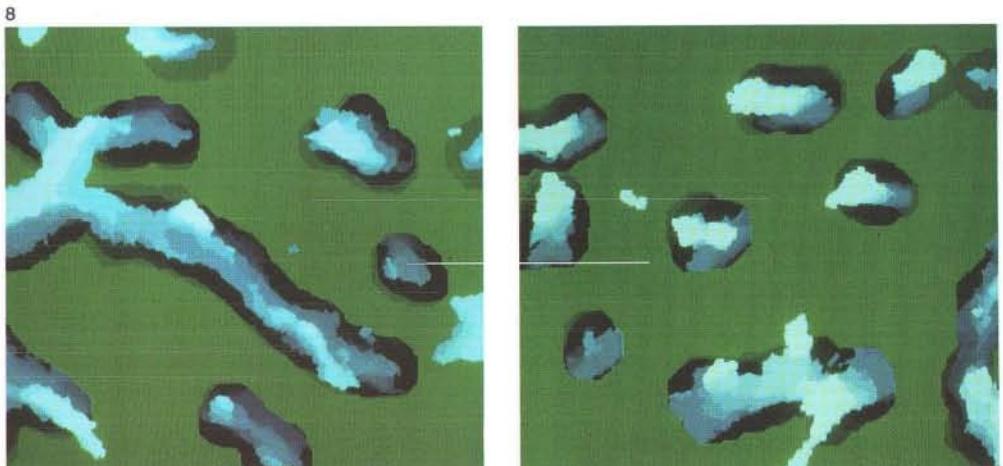
De ureumproduktie blijkt precies daar gelokaliseerd te zijn waar het bloed vanuit het spijsverteringsstelsel binnenkomt. Doordat bij een verzuring de synthese van ureum geremd

wordt, dreigt er een te hoge  $\text{NH}_4^+$ -concentratie in het lichaam te ontstaan. Deze overmaat aan ammoniumionen moet derhalve weggevangen worden door een proces dat los staat van de ureumcyclus. Nu blijkt zich uitgerekend daar waar het bloed de leveracinus verlaat, het enzym glutaminesynthetase te bevinden. Dat is een uiterst strategische positie, want dit enzym heeft een hoge affiniteit voor ammoniumionen. Hierdoor kunnen ammoniumionen – die in het periportale compartiment niet meer gebonden konden worden – alsnog gebonden worden aan glutamaat, waarbij glutamine gevormd wordt. Kortom: een biologische oplossing die al weer te danken is aan de functionele architectuur van de lever.

Onder normale fysiologische omstandighe-



7



## Een experiment van de natuur

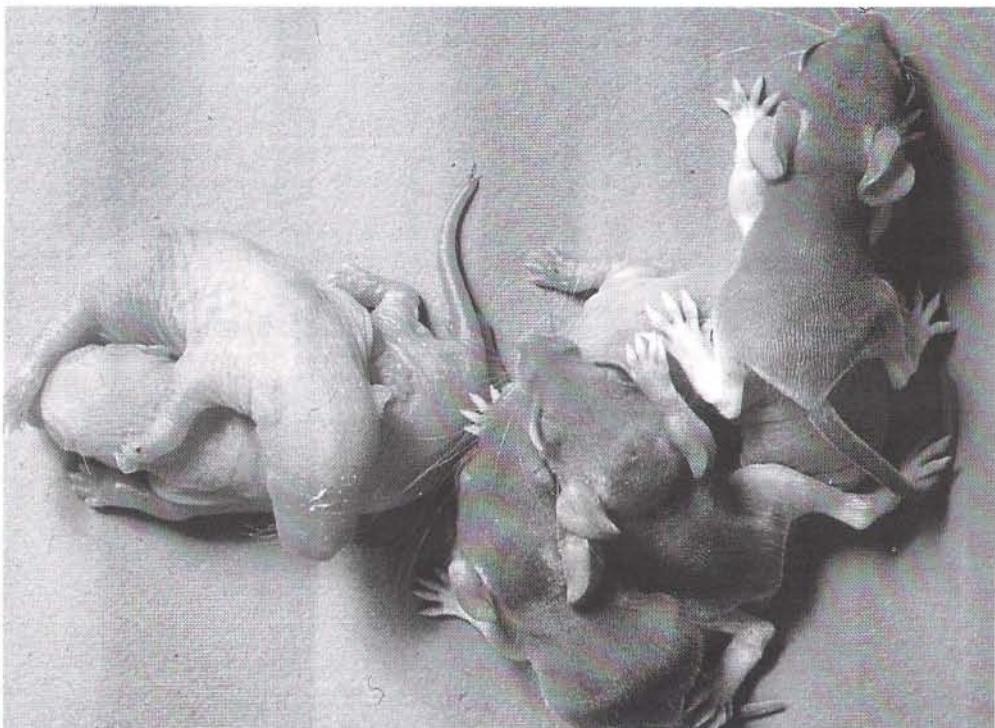
Tot kort na de geboorte zijn de meeste enzymen nog homogeen over de lever verdeeld (afb. I-2). Hoe komt het dat al snel daarna compartmentalisatie optreedt? Tijdens de geboorte, wanneer de bloedstroom via de navelstreng plotseling ophoudt en die vanuit de darm plotseling toeneemt, verandert de samenstelling van het bloed. Het ligt dan voor de hand te denken dat deze verandering er de oorzaak van is dat er heterogene enzymverdelingen ontstaan. Het is bijvoorbeeld goed voorstellbaar dat het bloed dat door de leveracinus stroomt, gradiënten van hormonen vertoont die zorgen voor deze compartmentalisatie. Dit blijkt echter niet het geval te zijn. Via een bepaalde truc heeft men kunnen aantonen dat een heterogene verdeling van enzymen al blijkt te ontstaan op het moment dat de acinusstructuur van de lever herkenbaar wordt.

Door de ontwikkeling te bestuderen van twee nauw verwante soorten, waarvan de jongen op een verschillend moment in de ontwikkeling geboren worden, kan men vaststellen of een gebeurtenis het

resultaat is van een aanpassing aan het postnatale leven, dan wel het resultaat is van een ontwikkelingsprogramma. Ook voor het ontstaan van de heterogeniteit in de lever heeft men deze methode toegepast. De rat (een nestblijver) en de stekelmuis (een nestvlieder) zijn twee nauw verwante soorten die zich voor dit onderzoek lenen. Zodra in deze twee soorten de verschillende organen zijn aangelegd, loopt de ontwikkeling verder van dag tot dag gelijk – evenwel met dit verschil dat de stekelmuis acht dagen later wordt geboren dan de rat.

Er kunnen zich nu twee situaties voordoen. Wanneer het ontstaan van heterogeniteit het resultaat is van een ontwikkelingsprogramma – en dus gerelateerd is aan de graad van rijping van de lever – zullen de rat en de stekelmuis op hetzelfde moment een heterogene enzymverdeling vertonen. In het andere geval, namelijk wanneer het ontstaan van heterogeniteit een aanpassing is aan het leven na de geboorte, is het verschijnen van een heterogene enzymverdeling gekoppeld aan de geboorte. We mogen dan ver-

I-1



wachten dat dit verschijnsel bij de rat acht dagen eerder optreedt dan bij de stekelmuis.

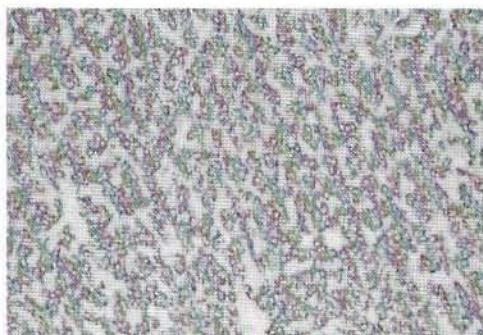
Welnu, uit onderzoek is gebleken dat de heterogene verdeling van carbamoylfosfaatsynthetase, een enzym dat alleen in de periportale zone voorkomt, bij de rat pas acht dagen na de geboorte optreedt en bij de stekelmuis rond de geboorte. Compartimentalisatie is dus een geprogrammeerd verschijnsel is dat gerelateerd is aan de rijping van de lever en onafhankelijk van de geboorte tot stand komt.

I-1. Pasgeboren stekelmuisen en ratten op een hoop. De ratjes zijn nog onbehaard en hulpeloos.

I-2. Levercoupes van pasgeboren stekelmuisen (boven) en ratten (onder), gekleurd op het enzym carbamoylfosfaatsynthetase. Het blijkt dat dit enzym bij

de rat homogeen over de lever verdeeld is, terwijl bij de stekelmuis een patroon optreedt dat overeenkomt met dat in andere afbeeldingen. Blijkbaar hangt de verdeling van deze enzymen samen met een bepaalde ontwikkelingsfase en is zij niet gerelateerd aan de geboorte.

I-2



den zijn enzymen van de ureumcyclus niet aantoonbaar in het pericentrale gebied en ontbreekt glutaminesynthetase in het periportale gebied. Deze verdeling is zeer stabiel. Voorts blijkt dat niet alleen deze enzymen heterogeen verdeeld zijn, maar ook de mRNA-molekülen die de code voor deze enzymatische eiwitten bevatten (afb. 7). Deze en andere waarnemingen wijzen erop dat de heterogene verdeling van ammoniakfixerende enzymen berust op het feit dat periportale en pericentrale levercellen een verschillend spectrum van genen overschrijven in mRNA en vervolgens vertalen in een eiwit (enzym). Er is dus ook sprake van een heterogene genexpressie, gelokaliseerd binnen verschillende compartimenten van een lever die op het eerste gezicht zo homogeen lijkt.

### Perspectief

De snelle ontwikkelingen in de molekulaire biologie zullen het in de nabije toekomst mogelijk maken om vast te stellen welke elementen een regulerende invloed hebben op het patroon van genexpressie in de lever. Daarnaast zal de moderne informatica het mogelijk maken computergestuurde, driedimensionale reconstructies te maken van de verdelingen van de verschillende eiwitten als functie van de lokalisatie in de leveracinus. Op deze manier zou een driedimensionale 'stofwisselingskaart' van de lever kunnen ontstaan. Deze geïntegreerde molekulair-biologische en morfologische aanpak zal uiteindelijk moeten leiden tot een simulatiemodel waarin de complexe fysiologische interacties die de lever kenmerken, geanalyseerd kunnen worden.

### Bronvermelding illustraties

Kessel RG, Kardon RH. Cellen, weefsels en organen. Maastricht: Natuur & Techniek, 1983: pag. 888-889.  
Lennart Nilsson, uit: Ontdek de mens. Uitgeverij Ploegsma, Amsterdam: 1.  
R.C.B. Kreuger: 3.  
De overige illustraties zijn van de auteurs, in samenwerking met de Amsterdamse Vakgroep Medische Fysica.

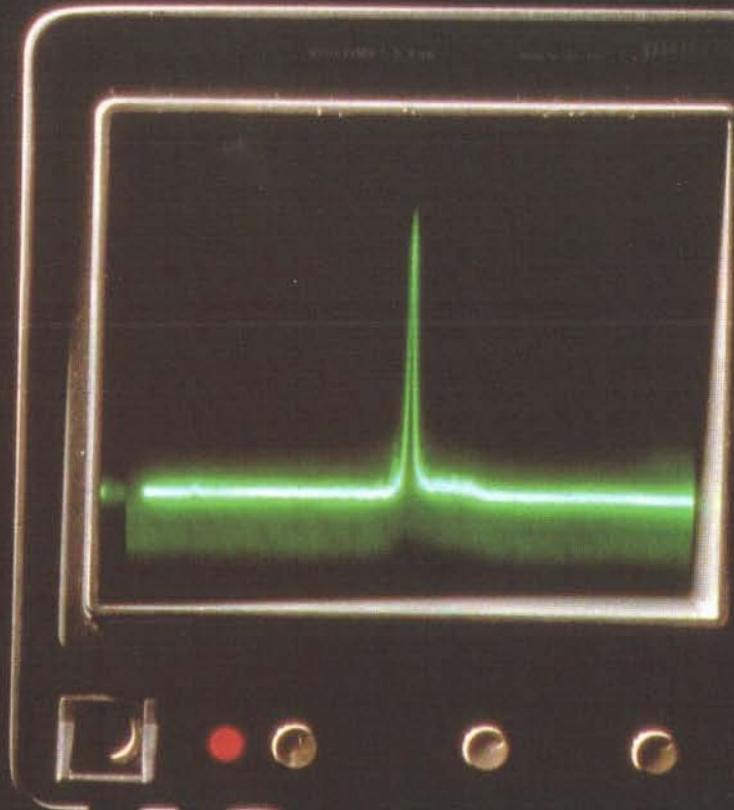


De rol van licht bij informatietransport en bij het opslaan en uitlezen van informatie is de laatste tien jaar veel belangrijker geworden. Licht is inmiddels niet meer uit de wereld van de elektronica weg te denken. In de telefonie wordt licht van de ene naar de andere plaats gebracht via kilometerslange glasdraden. In de toekomst vervangt dit systeem het transport van elektrische signalen door koperen kabels. De voordeelen liggen in de geweldige hoeveelheid informatie

Een vaste-stoflaser lijk licht uit het niets te toveren. Het zijn echter naar hun oorspronkelijke schil terugvallende aangeslagen elektronen die licht met scherpe frequentiegrenzen uitzenden. Dit

die tegelijkertijd kan worden verstuurd en de geringe invloed van uitwendige storingen. Bij het opslaan en uitlezen van informatie denken we in de eerste plaats aan de compact disc. Die vormt echter pas het begin van een reeks mogelijkheden om gegevens op te slaan en uit te lezen. Opnieuw liggen de voordelen op het gebied van de grotere informatiedichtheid en de geringere kwetsbaarheid. Deze nieuwe technieken komen in dit artikel aan de orde.

soort lasers heeft sterk bijgedragen aan de miniaturisering van de communicatie met licht, en daarmee aan de toepasbaarheid van die technologie.



# FOTONEN VOOR ELEKTRONEN

## OPTISCHE COMMUNICATIE

**F. Meijer**  
Philips Natuurkundig Laboratorium  
Eindhoven

Het begrip *optische communicatie* wil zeggen dat een lichtstraal gebruikt wordt om informatie over te brengen. De lichtsterkte wordt daar toe *gemoduleerd*, wat in gewone woorden betekent dat het licht aan- en uitgaat. De informatie die een lichtstraal overbrengt zit dus in de volgorde en tussenpozen waarmee het licht aan- en uitgaat. In wiskundige terminologie betekent 'licht aan' een 'ja' of een 'één'. Licht uit stellen we gelijk aan 'nee' of 'nul'. Een aan- of uitsignaal, dus een één of een nul, wordt een *bit* genoemd. Een gigabit is een miljard bits informatie en een gigabit per seconde is een informatiestroom van een miljard bits per seconde. Het licht is dan een miljard maal aan of uit geweest.

Wordt het informatiesignaal, wanneer het een gigabit per secondeervoert, nu niet verstoord door de frequentie van het licht? Het golfverschijnsel dat licht kenmerkt heeft immers ook een aan- en uitkarakter? Daarover hoeft voorlopig niemand zich zorgen te maken. De frequentie van zichtbaar licht ligt tussen de  $10^{14}$  en  $10^{15}$  trillingen per seconde; dit is een factor 100 000 tot 1 000 000 meer dan de  $10^9$  per seconde waar we bij de gigabit signalen per seconde over praten. We mogen in dit artikel het licht dus beschouwen als een continue stroom, die door een besturingssysteem aan miljard maal per seconde aan en uit wordt geschakeld.

Een gigabit per seconde lijkt op het eerste gezicht erg veel. Men zal zich wellicht afvragen

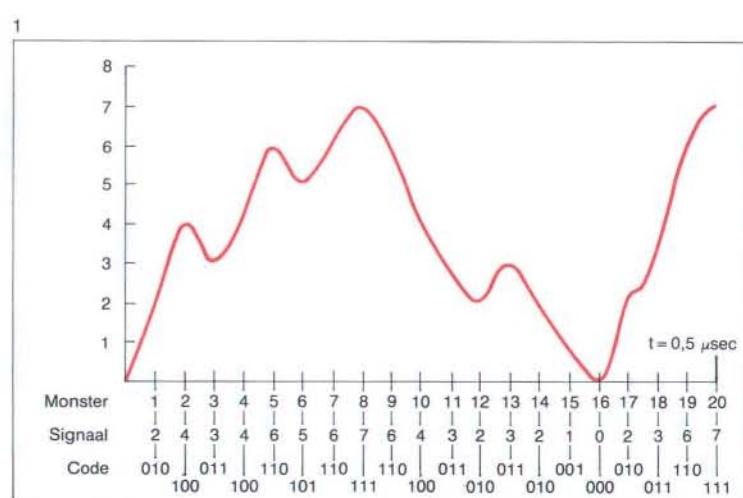
of deze nieuwigheid wel nodig is. Het is daarom belangrijk om een meer aansprekende maat te hanteren, zoals de informatieinhoud van één TV-beeld, of de informatiestroom van een telefoongesprek. Ook de sterrenkundigen spreken immers niet meer van afstanden van  $10^4$  gigakilometer, maar van het veel bevattelijker lichtjaar, de afstand die licht in vacuüm gedurende één jaar aflegt.

### Nullen en enen

Voordat ik echter op mijn nieuwe eenheidstelsel overga, wil ik nog iets zeggen over het begrip informatie. De informatie zoals de mens die ontvangt vanuit zijn omgeving is analoog van aard en vrij onnauwkeurig; ze bevat veel storingen, maar komt wel in enorme hoeveelheden binnen. Geluiden en beelden, smaken, geuren en tastprikkels worden door ons brein selectief opgenomen en verwerkt, en voor een deel aangevuld en gecorrigeerd. Het selectiesysteem maakt dat we een tik op een grammofoonplaat onmiddellijk horen, ondanks alle pauken en violen, en dat we een ongerechtigheid in een beeld direct signaleren. Zo onkritisch als wij zijn voor natuurlijke storingen in de informatiestroom, zo gevoelig blijken we te zijn voor de kunstmatige.

Dit noodzaakt de fabrikant van informatie-overdrachtapparatuur de 'natuurlijke' informatie met eventuele fouten exact te reproduceren. Dit leidde vanzelf tot de trend om infor-

- Van een analoog signaal wordt 40 000 keer per seconde de intensiteit gemeten. Iedere gemeten waarde wordt omgezet in een digitale code. In dit geval zijn 3-bitsgetallen aangegeven; in werkelijkheid gebruikt men 16 bit per monster.



2. Foto's in dit tijdschrift en in bijna alle drukwerk zijn gerasterd voor ze kunnen worden gedrukt. In feite zijn ze daarbij gedigitaliseerd: het

beeld is verdeeld in puntjes die al naar gelang de oorspronkelijke zwarting van de foto meer of minder dik zijn. De zwarting zou men met een

getal kunnen weergeven. De reeks van drie vergrotingen van het raster maakt het principe duidelijk zichtbaar.



2



matrie in digitale vorm te brengen, omdat buiten kijf staat dat het de beste manier is om informatie storingvrij op te slaan en te transporteren.

Ieder analog signaal, of het nu beeld of geluid is, is te digitaliseren. De sterkte van een analog signaal wordt daartoe met korte tijdsintervallen gemeten en de waarde van het signaal wordt in een getal uitgedrukt. Getallen kunnen in het binair getallenstelsel altijd worden weergegeven als een reeks nullen en enen. Dat is de simpele taal die een computer kan verwerken.

Op deze manier is geluid van een muziekinstrument en van de menselijke stem weer te geven. Ook een foto is op deze manier te digitaliseren, denk maar aan een krantefoto die uit een raster van puntjes bestaat, waarbij ieder puntje een zwartheidgraad heeft, die in een getal is vast te leggen. Ligt een foto eenmaal in een reeks getallen vast, dan is hij onbeperkt kopieerbaar, maar je kunt de informatie ook bewerken en de foto bijvoorbeeld meer contrast geven, of vergroten en verkleinen. Digitale weergave van informatie heeft dus als grote voordelen dat versterken of vergroten zonder enige vervorming mogelijk is en dat foutencorrectie en datamanipulatie tot de mogelijkheden behoren. Als we daarentegen op een 'analog' kopieerapparaat kopieën van kopieën maken, neemt de beeldkwaliteit snel af, zoals iedereen uit ondervinding zal weten.

Signaalversterking en kopiëren hangen met elkaar samen. Zolang de detector een één van een nul kan onderscheiden, kan het signaal

worden versterkt en even makkelijk worden gekopieerd.

Bij foutencorrectie en datamanipulatie moeten er berekeningen met de bits worden uitgevoerd. In dat opzicht hangen beide ook samen. Ik zal een eenvoudig voorbeeld geven van een foutencorrectiesysteem. Zo'n systeem kost natuurlijk capaciteit en ruimte en in dit geval moeten zo'n 20% extra bits worden toegevoegd. De informatie wordt bij dit correctiesysteem verdeeld in blokken van  $10 \times 10$  bits en aan iedere kolom en rij wordt een 0 of 1 toegevoegd als de som even respectievelijk oneven is. Het ontstane pakket van  $11 \times 11$  bits wordt nu bijvoorbeeld getransporteerd en op de plaats van aankomst worden de bits in de oorspronkelijke tien kolommen en rijen weer opgeteld. Vergelijking met de meegezonden toegevoegde kolom en rij leert of alle bits goed zijn overgekomen. Is er ergens een fout ingeslopen dan veroorzaakt die zowel op een positie in de toegevoegde rij als in de toegevoegde kolom een verandering van pariteit. De fout is dus te herstellen.

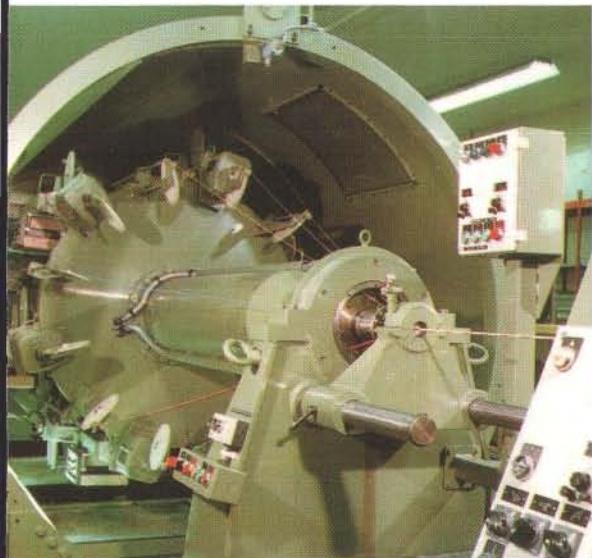
Het foutencorrigerend systeem van het compact-discsysteem is zo goed dat men met een 3 mm boor een gat mag boren in een CD-plaatje zonder dat de weergave er ook maar iets onder lijdt.

#### Bitstromen

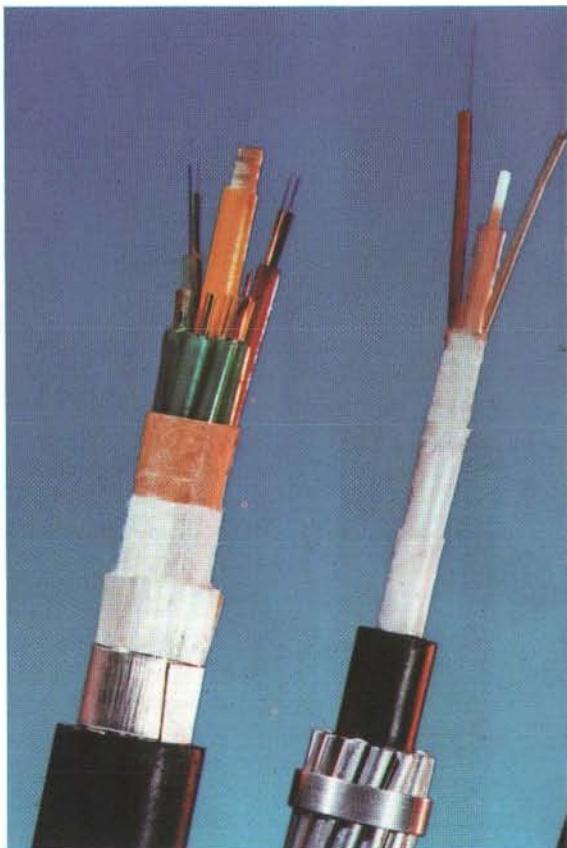
Een TV-beeld zoals we dat nu kennen heeft 300000 beeldpunten. Op een groot scherm is voor ieder fosfordotje  $0,7 \text{ mm}^2$  beschikbaar.

3, 4 en 5. Glasvezels verwerkt men tot kabels (3) met verschillende hoeveelheden vezels en met verschillende beschermingslagen, al naar gelang de toepassingen (4). Het leggen van glasvezel-

kabels is nauwkeurig werk, waarbij men op moet passen de bochten niet te scherp te maken, terwijl het maken van verbindingen tussen glasvezels met microscopische precisie gebeurt (5).



3

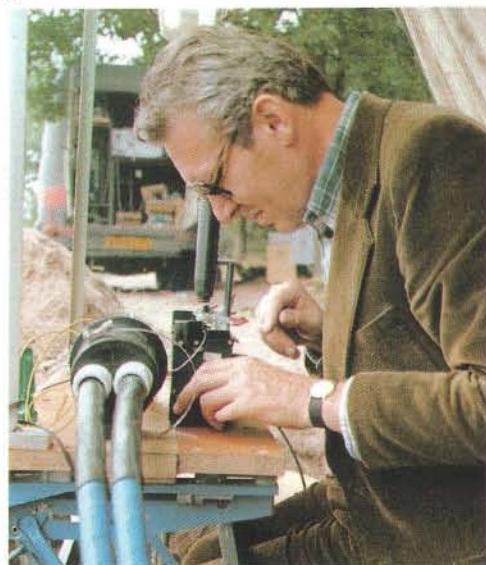


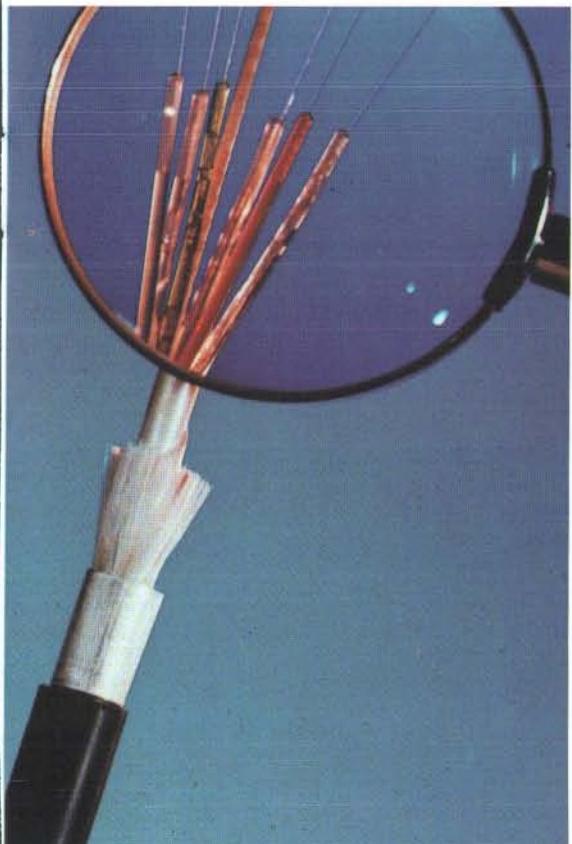
4

5

Voor ieder beeldpunt zijn 16 bits nodig om kleur en intensiteit vast te leggen. Dit komt neer op 4,8 Mbit per beeld. Bij de TV wordt het beeld elke 1/25 seconde vervaard. Dit geeft een bitstroom van  $120 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ . In een TV-beeld zit echter veel overbodige informatie. Ieder opvolgend beeld bevat bijvoorbeeld veel informatie die precies hetzelfde is als het voorstaande, omdat niet alles steeds beweegt. Door hiervan gebruik te maken en alleen de punten die veranderen met hun positie vast te leggen, is een bitstroom van 20 tot  $40 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$  voldoende om TV-beeld te transporteren.

Gedigitaliseerd geluid gaat veel spaarzamer met zijn bits om. Een compact-discspeler geeft 40000 keer per seconde een pakketje van 16 bits af om het geluidsniveau te definiëren, wat we nog met een factor twee moeten vermenigvuldigen omdat een linker- en rechterkanaal gescheiden van informatie worden voorzien.





Dit geeft een bitstroom van  $1,2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ . Telefoonie met digitale overdracht kan al met een bitstroom van  $0,64 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$  toe, omdat toonhoogtevariatie en dynamiekverschillen binnen veel kleinere grenzen worden gehouden. De informatiestromen van telefoon, muziek en beeld verhouden zich als 1:20:2000. Iedereen die zijn telefoonrekening bekijkt zal er toch wel voor terugschrikken een TV-beeld voor 2000 keer de prijs van een gesprek via de huidige telefoonlijnen te transporter.

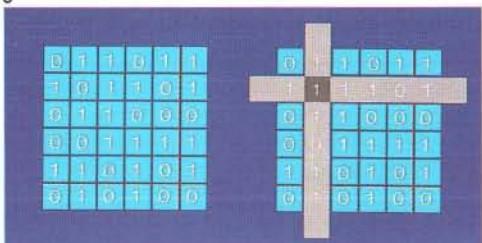
Kijken we nu met deze nieuwe 'eenheden' in ons achterhoofd naar de nieuwe mogelijkheden die optische communicatie en optische registratie ons bieden, dan is een optische verbinding die  $1 \text{ Gbit} \cdot \text{s}^{-1}$  aan kan in staat om het gigantische aantal van 15 000 telefoongesprekken simultaan te vervoeren, maar slechts acht TV-beelden. Bij registratie op een optisch medium zou iedere seconde TV een  $\text{cm}^2$  in beslag nemen en een langspeelplaat van 30 cm diameter zou ongeveer 10 minuten video bevatten, aangenomen dat je al die bits zo snel zou kunnen uitlezen.

Wat ik hiermee heb willen betogen is dat het praten over gigabits niet zo indrukwekkend is als we over bewegende videobeelden praten, omdat 1 Gbit informatie voor 8 tot 25 seconden videofilm bevat, afhankelijk van hoe slim je met de video-informatie omspringt.

TABEL Benodigde bits voor CD-geluid en TV-beeld

CD-geluid	TV-beeld
40 000 monsters per seconde	25 beelden per seconde
Stereo	300 000 beeldpunten per beeld
16 bits om geluidsniveau aan te geven	16 bits voor kleur en intensiteit
Bitstroom = $16 \times 2 \times 0,04 = 1,2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$	Bitstroom = $25 \times 16 \times 0,3 = 120 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$
1 Gbit = 13 min geluid	1 Gbit = 8 s video

6



6. Foutencorrectie kan door bits in een matrix te zetten en de rijen en kolommen op te tellen. Is de uitkomst even dan wordt er een 0 in een extra rij of kolom geschreven; bij een oneven uitkomst komt er een 1. Wanneer bij trans-

missie door een storing een bit van een 0 in een 1 verandert, geeft de nieuwe berekening van de toegevoegde rij en kolom niet hetzelfde resultaat als de eerste keer. De foutieve bit is echter te achterhalen en te corrigeren.



7

### Het optisch systeem

De oorsprong van de optische communicatie ligt in een ver verleden. Seinen met armbewegingen, vlaggen en lampen is al eeuwenlang gebruikelijk. Vuurtorens communiceren, al is het eenzijdig, zelfs in een soort digitale code met scheepen op zee.

De natuurkundige basis voor lichtgeleiding is in de vorige eeuw gelegd. De Engelse fysicus John Tyndall demonstreerde in 1854 in een waterstraal het fenomeen van lichtgeleiding door totale inwendige reflectie, waar nu in de glasvezeltechniek gebruik van wordt gemaakt.

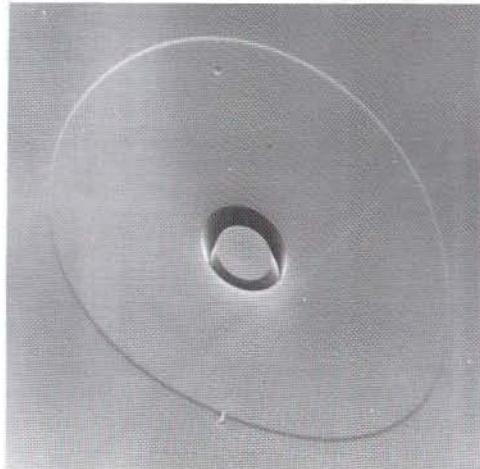
Het echte begin van de optische communicatie is echter zeer nauwkeurig te bepalen. In 1966 verscheen een publikatie van Kao en Hockham, toen werkzaam bij de Engelse tak van ITT. Zij beschreven het systeem van optische communicatie met lasers, digitale overdracht en glasvezels, zoals dat uiteindelijk ook is gerealiseerd. Zij namen aan dat de materiaalonderzoekers en technologen in staat zouden zijn om vaste-stoflasers en kwartsvezels te maken. De vaste-stoflaser was weliswaar al uitgevonden, maar werkte alleen nog maar bij vloeibare-stikstoftemperatuur. De kwartsvezels van twintig jaar geleden hadden een zo lage lichtdoorlaatbaarheid dat een lichtpuls al na enkele meters uitgedoofd was.

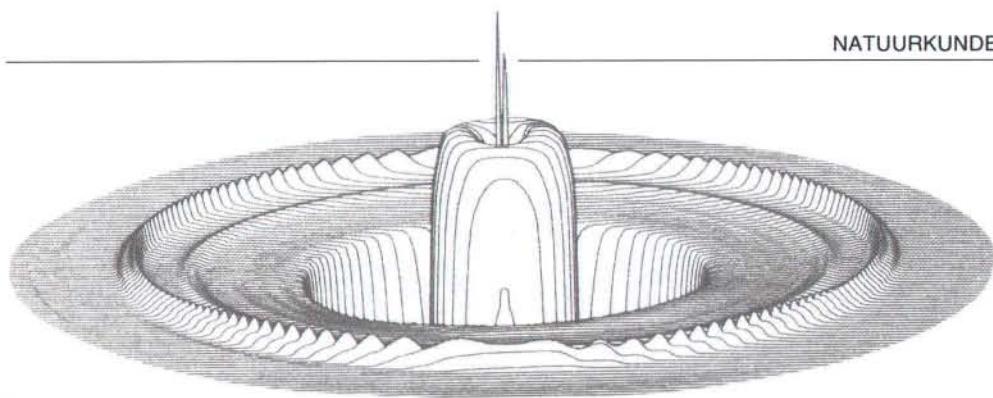
De voordelen van het systeem van Kao en Hockham waren duidelijk. De informatie-dichtheid was heel hoog op te voeren omdat de frequentie van het licht zelf zo enorm hoog is. Dat principe hebben we hierboven al besproken: een lichtpuls is altijd lang vergeleken met de trillingstijd van het licht.

Voor de telefoon is het systeem als volgt te beschrijven. Het analoge elektrische signaal,

dat de telefoon van uw stem maakt, wordt in een analoog/digitaal omzetter in een reeks nullen en enen veranderd. Een laser zet deze reeks elektrische pulsjes om in eenzelfde reeks lichtpulsjes. Die snellen met  $200000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  door een glasvezel naar een ontvanger, waar een detector het licht weer omzet in elektrische signalen. Het lichtpulsje zal door zijn reis zwakker en breder geworden zijn en het digitale elektrische signaal dat de versterker binnentreedt is daardoor niet meer zo fraai als aan het begin van de reis. Digitale signalen zijn echter zonder problemen te versterken en de elektronische zwarte kast poetst het verfomfaaide pulsje weer helemaal op. De脉sreeks gaat vervolgens een digitaal-analoog omzetter in en de telefoon van de ontvanger reproduceert uiteindelijk de stem aan de andere kant van de lijn (afb. 10).

8





9

## Glasvezel

Als we naar het optische-communicatiesysteem kijken vanuit het oogpunt van nieuwe materialen, dan spreken de glasvezels het meest tot de verbeelding.

De belangrijkste eis is dat zij het licht over lange afstanden kunnen geleiden zonder dat het signaal te veel verzwakt. De demping van het licht in de vezel wordt uitgedrukt in dB per km. Dit is een logaritmische schaal waarbij  $10 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$  een verzwakking van het licht met een factor 10 per kilometer aanduidt en waarbij  $20 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$  een factor 100 betekent.

In het systeem met een vaste-stoflaser als lichtbron en een vaste-stofdetector voor de omzetting van licht naar elektriciteit kon worden berekend dat maximaal 50 dB verlies mag optreden. Een lichtpuls die door de glasvezel

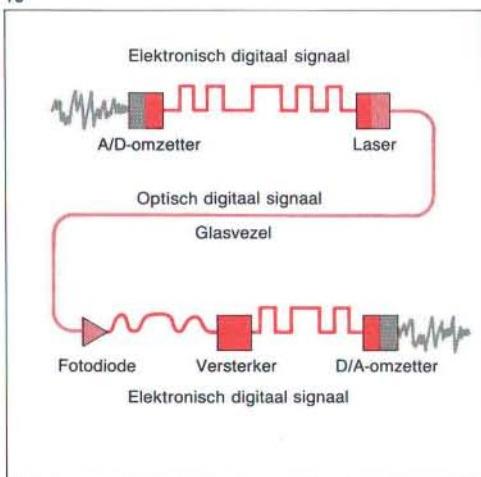
gaat moet tenminste  $1/100\,000$  van zijn intensiteit hebben behouden.

In de conventionele telefoniesystemen waarin elektrische signalen over koperdraad worden verzonden, staan de tussenversterkers 2 tot 3 km van elkaar. De eis die Kao en Hockham in 1966 stelden, was dat de glasvezel tenminste die afstand zou kunnen overbruggen, dit komt overeen met een verlies van ten hoogste  $20 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$  om in het systeem bruikbaar te zijn:

$$50 \text{ dB} / 20 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1} = 2,5 \text{ km}$$

De glasvezel heeft zo'n optische structuur dat het licht zo optimaal mogelijk binnen de vezel blijft. De lichtgeleidende kern van de vezel heeft een iets hogere brekingsindex dan de beschermende mantel. Hierdoor treedt het verschijnsel van totale interne reflectie op. Het

10



7. Optische communicatie is al eeuwen in gebruik. Met ballen of schijven seinde men vroeger boodschappen van stad naar stad. Uit de indianenverhalen herinneren we ons natuurlijk nog de rooksignalen.

8 en 9. Om de lichtpuls in de kern van de vezel te houden, moet de brekingsindex van de eromheen liggende mantel lager zijn. Aan het kern-mantelgrensvlak treedt dan totale reflectie op. Met een speciale etstechniek kan het verloop in brekingsindex

zichtbaar worden gemaakt (8). Men kan de verlopen brekingsindex uiteraard ook meten en dat levert de driedimensionale tekening van afbeelding 9.

10. Het tegenwoordige optische systeem kent een analog-digitaal- en een digitaal-analogovergang. Op deze tekening is zichtbaar gemaakt dat digitale signalen na transport door een glasvezel behoorlijk verzwakt kunnen zijn, maar dan elektronisch weer tot duidelijke 'nullen' en 'enen' kunnen worden herleid.

grensvlak tussen kern en mantel manifesteert zich als een ideaal spiegelend oppervlak. Het licht blijft tijdens zijn reis volledig omgeven door een spiegel en kan daardoor de vezel niet eerder verlaten dan aan het eind ervan. De voor optische geleiding bruikbare glasvezel was eerder bedacht dan gerealiseerd. In 1970 slaagden researchmedewerkers van de firma Corning erin zo'n glasvezel te maken.

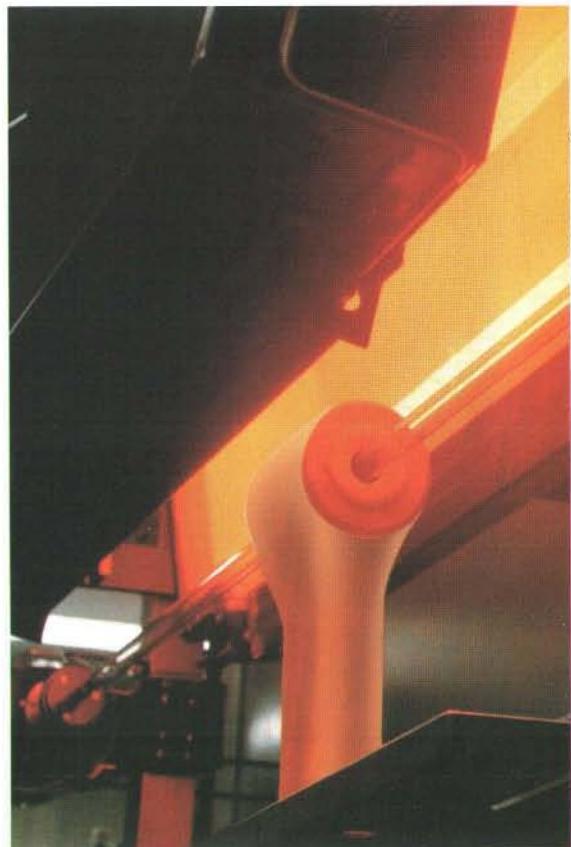
De laserontwikkelaars hadden ondertussen ook niet stil gezeten en er kwamen lasers met een redelijke levensduur bij kamertemperatuur beschikbaar. Het optisch communicatiesysteem was een feit! Met behulp van een laser ter grootte van een zandkorrel, met een glasvezel van haardikte en een redelijke hoeveelheid elektronica konden telefoongesprekken worden gevoerd.

In de jaren die daarop volgden daalde de demping van de vezels met een constante snelheid. Momenteel zijn hun eigenschappen zo dichtbij de grenzen gekomen die uitsluitend door het materiaal worden bepaald, dat er niet veel meer aan te verbeteren valt. De prijs per meter daalt echter nog steeds gestaag.

De demping van een glasvezel wordt in principe door vijf factoren bepaald. Dat zijn:

- de intrinsieke absorptie van kwartsglas;
- de intrinsieke strooiling van kwartsglas, de zogenaamde Rayleighstrooiling;
- extra absorptie door verontreinigingen, met name metaalionen en  $\text{OH}^-$ -ionen;
- extra strooiling door belletjes in de vezel;
- uitkoppeling van licht door scherpe buigingen in de vezel, de zogenaamde *microbending*.

De intrinsieke absorptie van kwartsglas is in het gebruikte golflengtegebied van 800 tot 1500 nm te verwaarlozen. De intrinsieke of Rayleighstrooiling bij een golflengte van 1000 nm is  $1 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$ . Deze strooiling is afhankelijk van de golflengte volgens  $1/\lambda^4$ . Dit betekent een intrinsieke strooiling van ruim 2  $\text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$  bij 800 nm, de golflengte waarbij de eerste systemen ontworpen waren en een strooiling van 0,2  $\text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$  bij 1300 nm waarbij de huidige systemen werken. De extra absorptie door ionen zoals  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^+$  en  $\text{Cu}^{2+}$  is zo groot, dat hun concentraties beneden ppb-niveau moeten worden gebracht. Dit is minder dan de beruchte speld in de hooiberg en wellicht het best te illustreren met het feit dat vijf mensen één ppb van de wereldbevolking vormen.

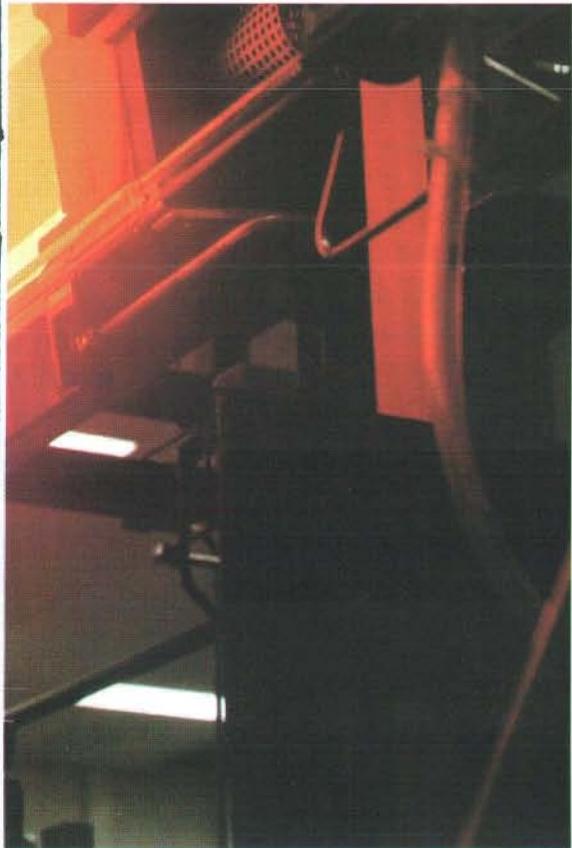


11

De extra strooiling kan worden vermeden door echt netjes te werken bij het vezeltrekken en voor het voorkomen van microbuiging geldt hetzelfde voor het verkabelen van de glasvezels.

De belangrijkste parameter die de afgelopen twintig jaar werd verbeterd was de zuiverheid. De huidige stand van de techniek maakt een vezel met een demping van  $0,35 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1}$  bij 1300 nm commercieel verkrijgbaar voor minder dan  $f 1,-$  of 20 BF per meter. Dit maakt systemen mogelijk waarbij afstanden van meer dan 100 km in één keer overbrugd worden.

Hoe dit bereikt is, blijkt uit een beschrijving van het fabricageproces van de glasvezel. De technologie moet worden aangepast aan de geëiste extreme zuiverheid en is daarom beter vergelijkbaar met de halfgeleider- en chiptechnologie dan met de conventionele vensterglas-fabricagetechnieken.

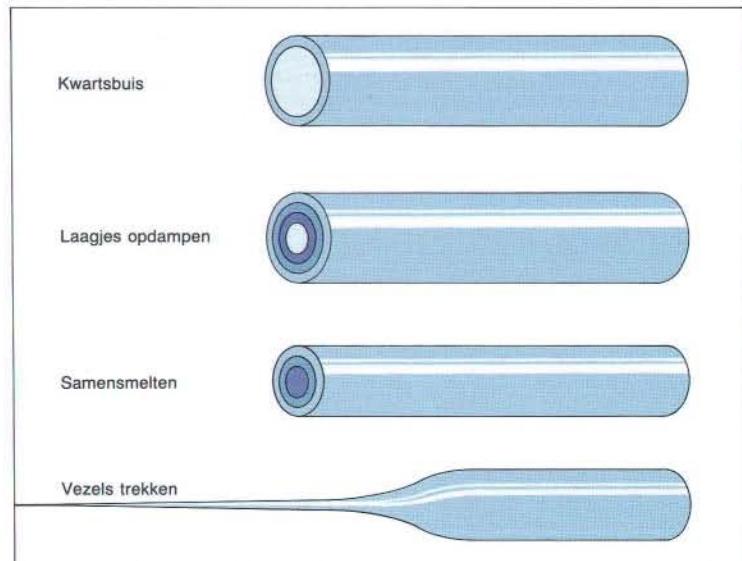


11 en 12. Bij glasvezelproductie worden met behulp van een chemische reactie vanuit de gasfase dunne, zeer zuivere kwartslaagjes gevormd aan de binnenkant van een kwartsbus. Na het neerslaan van een aantal laagjes wordt de buis tot een massieve glasstaaf samengesmolten. Uit deze staaf wordt de glasvezel getrokken, waarbij het zeer zuivere kwarts de lichtgeleider van de vezel vormt.

Glasvezel wordt tegenwoordig gemaakt door in een kwartsbus, die zelf niet extreem zuiver hoeft te zijn, via een gasfase-depositieproces een dunne laag te groeien van een glasachtig materiaal, met een iets hogere brekingsindex dan het kwarts heeft. Men gebruikt het gasdepositieproces omdat gassen extreem goed te zuiveren zijn, waardoor ook de laagjes de extreme gewenste zuiverheden krijgen. De kwartsbus met van binnen aangebrachte laagjes wordt vervolgens samengesmolten tot een staaf en daarna uitgetrokken tot een glasvezel. De oorspronkelijke kwartsbus vormt de mantel en het opgedampte laagje de kern van de vezel. Glasvezelkabels zijn al in gebruik voor de grote telefonie-aders en het net wordt snel verder uitgebreid. Het systeem is compatibel met het huidige koperkabelnet en een geleidelijke vervanging is mogelijk.

Wanneer merkt de telefoongebruiker nu iets van al dit moois? Het gaat dan natuurlijk niet om de simpele vervanging van een koperdraadje door een glasvezeltje. Dat glasvezeltje is interessant doordat er zoveel informatie doorheen kan. Het vormt echter de basis voor een geïntegreerd informatiesysteem waarin vele telecommunicatiediensten gecombineerd kunnen worden aangeboden: telefoon, telex, facsimile, video en televisie. De ontwikkeling van zo'n geïntegreerd informatiesysteem in

## 12



Europa is ondergebracht in een Europees programma waaraan vele industrieën, instituten en universiteiten deelnemen. Het programma heeft de naam RACE gekregen. Dat staat voor *Research in Advanced Communication for Europe*. De bedoeling is deze geïntegreerde systemen vanaf 1990 in de praktijk uit te testen om ze daarna in grote bedrijven en banken te installeren. Rond het jaar 2000 volgen dan de kleinere bedrijven en vanaf 2010 zal de penetratie van zo'n netwerk bij de individuele gebruikers plaatsvinden. Het duurt nog even, maar het komt wel!

Nieuwe materialen hebben dus al veel mogelijk gemaakt en zullen dat in de toekomst nog doen. Opvallend is wel dat de materialen chemisch gezien in feite helemaal niet nieuw zijn. Wat vooral nieuw is aan het glas voor de vezels en de halfgeleiders voor de lasers zijn de fabriicagetechnieken die ons in staat stellen om de materialen in zeer zuivere vorm op produktieschaal te verkrijgen.

### **Opslagsystemen**

De optica heeft nog een ander groot toepassingsgebied geopend, dat van de optische registratie. Ook hier kan men, net als bij de optische communicatie, ver teruggaan in de geschiedenis om te zoeken naar het begin van optisch registreren en uitlezen. Fotografie is een prachtige vorm van het vastleggen van beelden met licht. Voor het lezen van een boek is licht eveneens onontbeerlijk.

Het begin van de huidige optische recording is nauwkeurig aan te geven: de presentatie door Philips in 1972 van het VLP-systeem, de optische videoplaat, had alle essentiële kenmerken van de huidige systemen die met een vracht afkortingen worden aangeduid: CD, CD-ROM, CD-PROM, DOR en WORM.

In zijn eenvoudigste vorm bestaat het optische registratiesysteem uit een ronde schijf met cirkelvormige sporen waarin de informatie in de vorm van putjes is vastgelegd. Een apparaat, dat veel lijkt op een grammofoon, zorgt ervoor dat de schijf rond draait en laat een arm met een leeslasertje op enige afstand onder de plaat bewegen. De laser zendt licht uit dat via een lens wordt gefocuseerd tot een spotje van ongeveer  $1 \mu\text{m}^2$ . Het lichtstraaltje dat van de plaat op het detectiesysteem wordt gereflekt wordt gemoduleerd doordat het nu eens

13. Een schematisch model van de vaste-stoflaser zoals er op de foto op pag. 898-899 een te zien is. Het licht komt uit de actieve hier donkerrode InGaAsP-laag aan weerszijden begrensd door de verzonken p-InP-lagen, die hier in grijs zijn weergegeven.

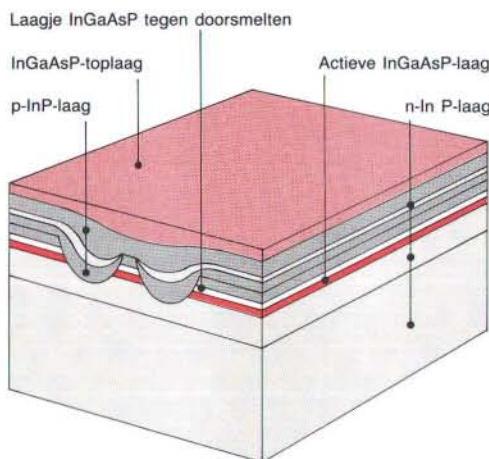
terugkaatst van de bodem van een putje in de plaat, dan weer van het plaatoppervlak zelf.

Bij een compact-discspeler draait de plaat ongeveer driemaal per seconde rond. Het leeslasertje ziet een spoor onder zich doorschieten met een snelheid van ongeveer  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Iedere  $0,6 \mu\text{m}$  is er wel of geen putje, dus een bit. Als men dit terugrekent komt men op  $1,2 \text{ Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$  en daarmee is muziek op perfecte wijze te coderen.

Voor bewegende videobeelden zijn, zoals we hebben gezien ruim tien keer zoveel bits per seconde nodig als voor geluidsweergave. Bij de beeldplaat wordt die bithoeveelheid bereikt door de plaat tien keer zo snel te laten draaien. Er schiet dan per seconde 10 meter putjesspoor langs de aftaststraal.

Vanzelfsprekend hoeft een beeldplaat niet uitsluitend videobeelden te bevatten, maar kan iedere andere vorm van informatie, zoals tabellen met gegevens en boeken met tekst, ook op plaat worden vastgelegd. Een beeldplaat van 30 cm middellijn kan gigantische hoeveelheden informatie bevatten, die ik zal proberen weer te geven in voorstellbare eenheden.

Een beeldplaat kan 'slechts' een half uur tot een uur videofilm bevatten. Gezien de beeldsnelheid van 25 per seconde, betekent het dat er dan 50000 volledige videobeelden in kleur zijn opgeslagen. Als je dus de beeldplaat gebruikt om een encyclopedie of een catalogus op te slaan, dan staan er 50 000 beeldschermbladzijden op één beeldplaat. Dat is een rij boeken van 3 meter die nu is vastgelegd op een



13

plaat van 30 cm diameter en een paar mm dik. Als men geen gefotografeerde pagina's opslaat, maar alleen de letters vastlegt, dan past er zeker nog tien- tot honderdmaal zoveel informatie op een plaat.

Men verkrijgt stilstaand beeld van een beeldplaat doordat bij iedere omwenteling steeds hetzelfde spoor uitgelezen wordt in plaats van een volgend. Een groot voordeel is dat er ook vrij eenvoudig een zoeksysteem op de plaat kan worden aangebracht. Binnen een seconde krijg je een opgevraagde bladzijde op het scherm. Ook intelligente zoeksystemen, die bijvoorbeeld de hele plaat op het voorkomen van een woord kunnen nazoeken, zijn op een beeldplaat aan te brengen.

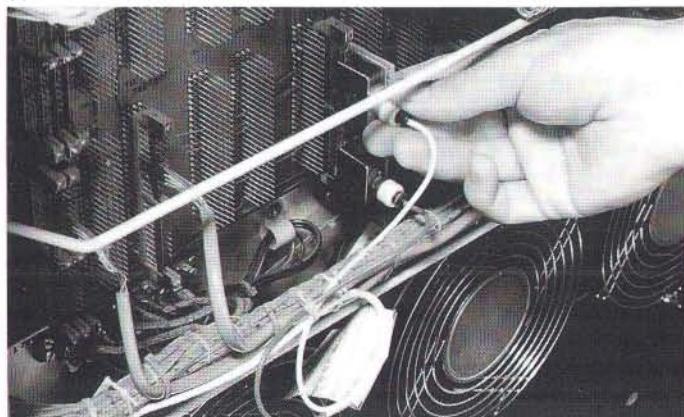
Het verdere voordeel is dat de informatie erg veilig opgeborgen is. De putjes zitten als het ware binnen in de plaat. De lees-laser leest de informatie door een doorzichtige bescherm-laag heen. Op de buitenkant van de bescherm-laag is de laser nog niet gefocusseerd en krasjes en stof doen daar geen kwaad. Vergelijk het met een bril waar je ook doorheen kunt kijken zonder last van krasjes of stofjes op de glazen te hebben.

### Nieuwe ontwikkelingen

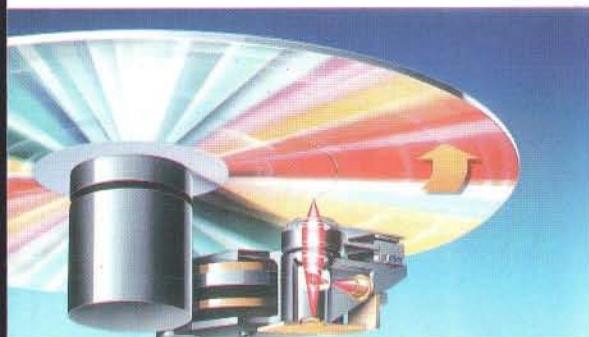
Ik heb het tot nu toe alleen het uitlezen van de informatie beschreven en niet hoe die op de plaat komt. De ene manier is dat er een matrijs wordt gemaakt door met een laser de gaatjes in een materiaal aan te brengen; vervolgens hier een afdruk van te maken waarbij de gaatjes heuveltjes worden en daarmee de platen te persen. Ouderwetse boekdruk werkt zo. Op deze manier worden ook de compact discs gemaakt die al massaal over de toonbank gaan.

De andere manier is om zelf de informatie in te schrijven. Er bestaan daarvoor apparaten waarin de laser in een inlees- en een uitleesstand kan worden geschakeld. Voor inlezen levert de laser veel energie, waardoor hij een gevoelige laag op een plaatje kan veranderen. Uitlezen gebeurt dan met een weinig intense lichtstraal die het materiaal niet verder beïnvloedt. De methode staat inmiddels bekend als het WORM-systeem, waarbij de hoofdletters de afkorting zijn van *Write Once Read Many times*.

14



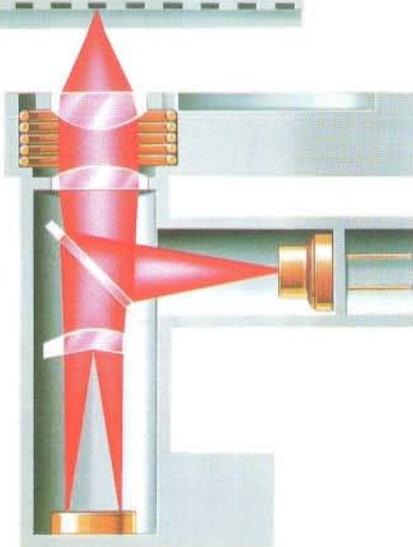
14. Moderne telefooncentrales hebben in- en uitgangen voor glasvezelkabels. De foto toont een element dat elektronische signalen in lichtsignalen omzet en vice versa.



15



16



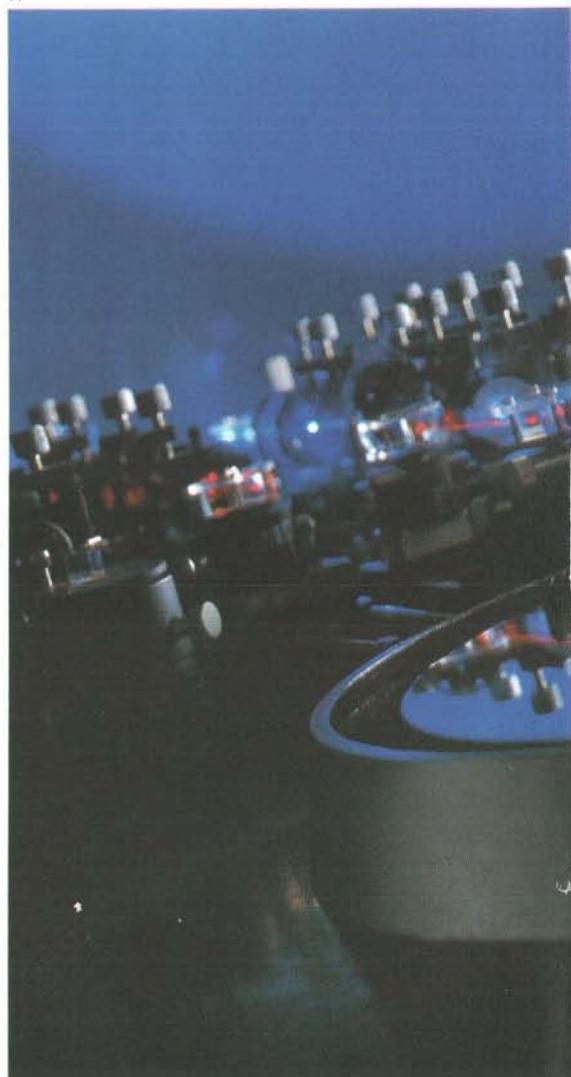
16

15 en 16. Het leessysteem van een optisch opslagsysteem bestaat uit een motor, een beweegbare armconstructie en de leeslaser (15). Het licht van de laser (16) wordt in of uit focus teruggedraaid van de plaat, afhankelijk of de straal wel of niet een putje treft. Het teruggedraaide licht valt via een eenzijdig doorlaatbaar spiegel op een fotodiode.

17. De master, de matrijs voor een in massa geproduceerde beeldplaat, wordt met een sterke laser

Een fase verder zou men eenmaal vastgelegde informatie ook weer moeten kunnen wissen en de plaat herschrijven. Schrijvers van magneetbanden en -schijven kunnen dit allang, maar een groot voordeel van de optische plaat is opnieuw de grote opslagcapaciteit. Daarnaast zijn de korte opzoekijd en de lange levensduur van waarschijnlijk doorslaggevende betekenis. Wanneer ik opnieuw, als bij de optische communicatie, de vraag stel: "wanneer merkt de individuele gebruiker nu iets van al dit moois?", dan volgt daarop een heel ander

17



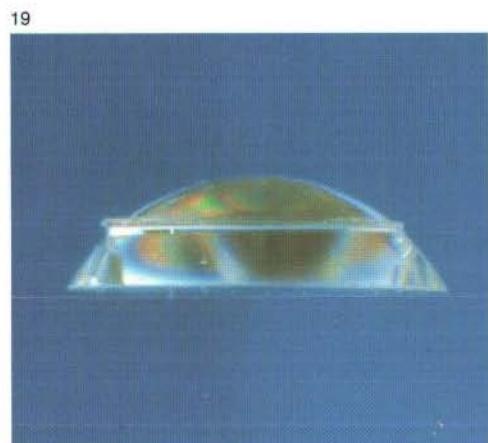
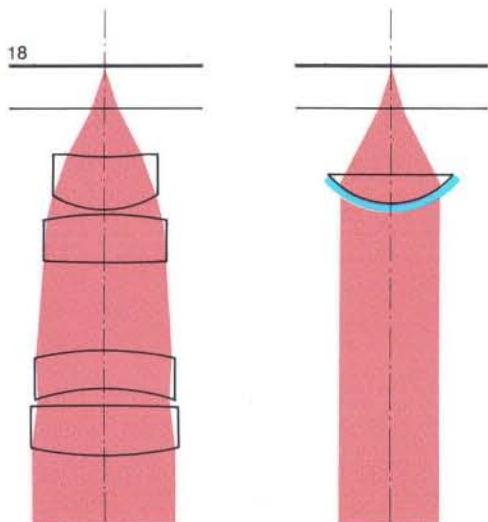
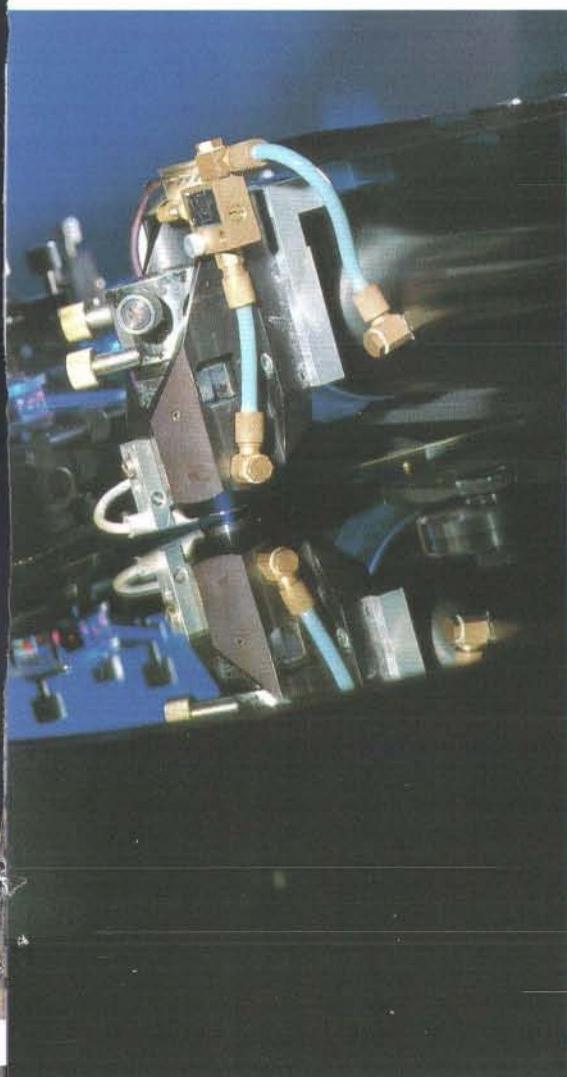
vervaardigd op dit masteeringsapparaat.

18 en 19. Miniaturisering van het optisch systeem bleek ook mogelijk bij de optica in compact-disc- en beeldplaattaapparatuur. In plaats van een stelsel van sferische lenzen gebruikt men kleine asferische lenzen die bestaan uit een sferische glazen lens met een in dikte variërende polymeercoating. Dit extra plastic lensje geeft een optische correctie, zoals een contactlens dat op het oog doet.

antwoord. De compact-discspeler staat al bij veel mensen in de huiskamer. De andere mogelijkheden zullen er geleidelijk, en zelfs verleidelijk achteraan komen. Het volgende stapje is de combinatie van beeld en perfect geluid op de compact disc; een wat verder weg liggend produkt is het elektronisch fototoestel waarbij het beeldje na digitale codering wordt vastgelegd op een optisch plaatje. Het fototoestel blijft dan wel optisch, maar de verwerking van het beeld zal veel verschillen van de huidige fotografische methode.

De concurrentiestrijd tussen optische en magnetische gegevensopslag van beeld, geluid of data zal nog een tijd doorgaan. Wellicht blijven beide mogelijkheden altijd naast elkaar bestaan. Het lijkt echter vrijwel zeker dat magnetische opslag bij een dichtheid van  $1 \text{ bit} \cdot \mu\text{m}^2$  zijn theoretische limiet bereikt, terwijl optische opslag deze dichtheid nu al heeft en nog minstens een factor 10 beter kan.

De derde kandidaat voor gegevensopslag is het 'geïntegreerd circuit', het IC. Daar zijn niet zulke hoge gegevendichthesen mogelijk



20, 21 en 22. Op een compact-disc vormen de lengtes van de putjes en van de tussenliggende ruimten de opgeslagen informatie (20). Deze plaatjes worden gegoten in een matrijs. Er bestaan verschillende eenmalig beschrijfbare systemen (WORM). Afbeelding 21 toont er één waarin met een laser in een telluurlegering een gaatje

wordt gebrand. Een experimenteel systeem voor optische gegevensopslag, waarbij ook wissen mogelijk is, gebruikt het verschil in reflectie van de kristallijne en amorfie toestand van galliumantimon-, of indiumantimonlagen (22). Met behulp van een korte of lange laserpuls kan tussen deze twee toestanden worden geschakeld.



20

als bij optische opslag. Geavanceerde megabit-geheugens hebben een oppervlak van  $50 \text{ mm}^2$ ; dat is een dichtheid van 1 bit per  $50 \mu\text{m}^2$ . De toepassingen hiervan liggen op het gebied van data-processing. Het IC kan rekenen met de gegevens en werkt dan als een kleine computer. Als compact disc zou het Megabit IC nauwelijks één seconde kwaliteitsmuziek kunnen bevatten.

In de optica is nog een interessante verdere ontwikkeling te verwachten die in het algemeen aangeduid kan worden met geïntegreerde optica. In het schema van de optische communicatie (afb. 10) hebben we kunnen zien dat bijvoorbeeld versterking van het optische signaal gebeurt door omzetting naar een elektrisch signaal, een elektronische versterking en dan weer een omzetting naar een lichtpuls. In principe kan de versterking geheel optisch verlopen. Met veel fantasie kun je een hele optische computer bedenken met optische schakelaars en optische 'transistoren'. Die is nog heel ver weg, waarschijnlijk decaden, maar voorzichtig uitgedrukt, het is fysisch niet onmogelijk (afb. 23, 24 en 25).

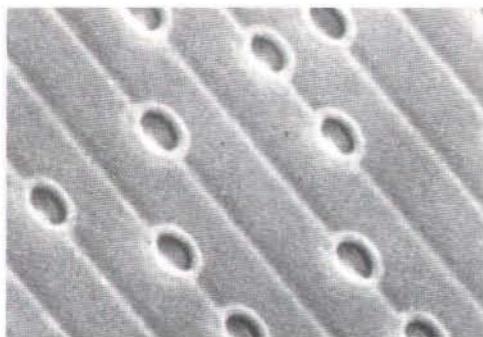
Samenvattend zien we dat er een sterke trend is om de kwaliteit van overdracht en opslag van beeld, geluid en data te verbeteren. Hiervoor is digitalisering van de informatie onontbeerlijk, omdat digitale informatie kan worden beschermd tegen fouten en geen kwaliteitsverlies oplevert bij transmissie of kopiëren.

Digitalisering plus foutencorrigerende systemen vragen meer capaciteit van het transmissie- of opslagmedium dan de tot nu toe gebruikelijke analoge systemen. Optische technieken lenen zich uitstekend voor het behande-

len van digitale informatie en zijn tevens in het voordeel bij andere technieken wat betreft hun capaciteit. Daarnaast staat het enorme voordeel dat zowel optische transmissie- als opslagsystemen, in tegenstelling tot magnetische systemen, zeer stabiel zijn ten opzichte van storende invloeden van buiten af.

De optische systemen vervullen op zich geen nieuwe functies. Telefonie via koperdraad en

23, 24 en 25. Rekenen met licht is sinds enkele jaren met demonstratieopstellingen in onderzoekslabatoria mogelijk. Belangrijke elementen van de lichtcomputer zijn lasers en zogenaamde bistabiele filters. Deze filters laten licht van een lage intensiteit niet door, maar als de opvallende bundel intenser wordt, worden ze vrij plotseling transparant. Vermindert daarna de lichthoeveelheid, dan sluit de lichtdoorgang weer, maar dit gebeurt bij lagere lichtintensiteit dan die waarbij het filter transparant wordt. Er is dus een gebied van lichtintensiteiten waarin de filters zowel transparant als intransparant kunnen zijn (afb. 23), vandaar heten ze bistabiel. Het zal duidelijk zijn dat dit soort filters een geheugenfunctie heeft: ze zijn transparant of intransparant afhankelijk van een gebeurtenis die eerder plaatsvond, namelijk de passage van een lichtstraal van hoge of lage intensiteit. Logische poorten bouwt men met deze filters door alleen het schakelen tussen transparant en intransparant te gebruiken. Men laat hiertoe een continue lichtstraal op het filter vallen van een intensiteit die zo laag is dat het filter intransparant is (afb. 24). Door nu een tweede, maar gepulste bundel op dezelfde plaats op het filter te laten vallen, kan het filter steeds korte tijd transparant worden, waarbij dan een puls van voldoende energie het filter passeert om weer een volgend filter te beïnvloeden. Net als bij elektrisch werkende computers is rekenen met licht een kwestie van het achter elkaar schakelen van vele binaire componenten. De afregeling van de lichtintensiteiten van de continue, energieleverende straal en de signaalfilters kan natuurlijk ook zo gebeuren dat er twee filters gelijktijdig moeten aankomen om het filter transparant te maken (afb. 25).



21

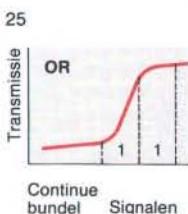
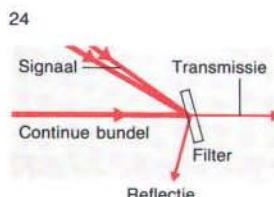
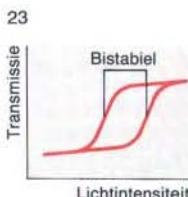


22

de dataopslag op magneetband hebben dezelfde functies. Door de veel grotere en uiteindelijk goedkopere capaciteit ontstaan echter wel nieuwe functies die eerder economisch niet mogelijk waren. Voorbeelden daarvan zijn de videofoon, ofwel de beeldtelefoon, of de 50000 pagina's informatie op een plaat van minder dan f 100,-.

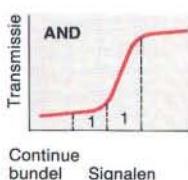
De compact disc is al bij de mensen thuis;

het glasdraadje zal over een aantal jaren volgen. De bit wordt weliswaar goedkoper maar het betekent niet dat de gebruiker straks minder gaat betalen, de verwachting is dat hij meer informatie voor zijn geld krijgt. De creativiteit van de mens en het vrije-marktmechanisme zullen uiteindelijk bepalen welke informatie in welke vorm beschikbaar zal zijn in de huiskamer en werkomgeving.



OR

OR	
Signalen	Transmissie
0 0	0
0 1	1
1 0	1
1 1	1



AND

AND	
Signalen	Transmissie
0 0	0
0 1	0
1 0	0
1 1	1

#### Literatuur

- Kok M de (red). De Informatiemaatschappij. Maastricht/Brussel: Natuur & Techniek; 1983. ISBN 90 70157 35 7.  
 Meyrueis P. Fotonica - Licht als informatiedrager. Natuur & Techniek 1987: 7; pag. 546-557.  
 Herman GC. De laser - Lichtversterking door gestimuleerde emissie van straling. Natuur & Techniek 1980: 48; 448-463.  
 Custers PH. De compact disc - Luisteren naar het geluidloze. Natuur & Techniek 1987: 55, 10; pag. 834-842.  
 Boves L. Spreken in nullen en enen. Natuur & Techniek 1986: 54, 11; pag. 852-872.

#### Bronvermelding illustraties

- BV Verenigde Bedrijven RCO, Velp: 2  
 NKF, Waddinxveen: 3  
 PTT, Den Haag: 5  
 Chriet Titulaer produkties, Houten: 7  
 ATT, Hilversum: 14  
 De overige illustraties zijn afkomstig van Philips Eindhoven.

# KLIMAATBEHEERSING IN DE VARKENSSTAL

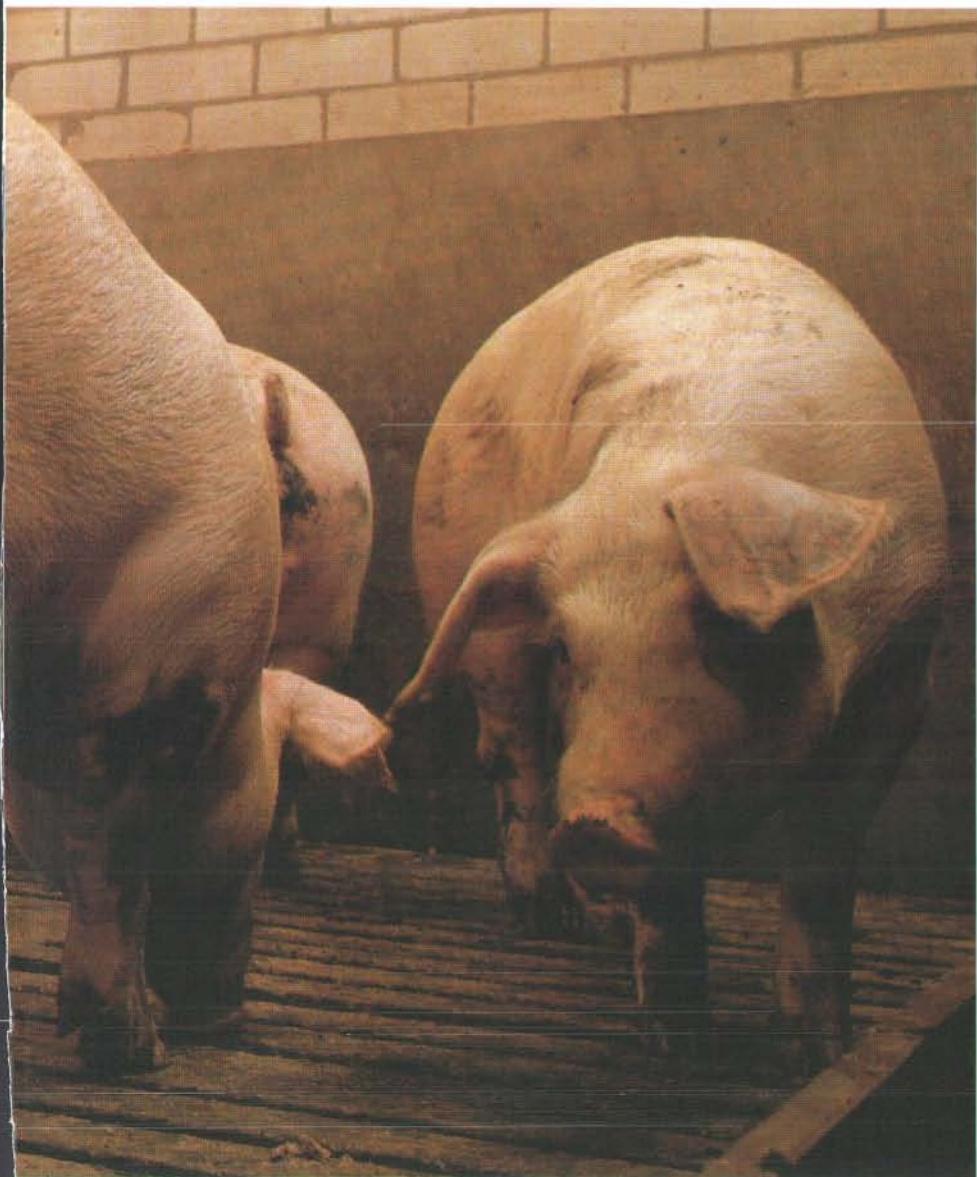
Dieren in de veehouderij moeten hun vlees, melk of eieren zo economisch produceren dat de boer er een inkomen aan overhoudt. Het welzijn en de gezondheid van de dieren is daarbij in het geding.

Tegenwoordig wordt er veel onderzoek verricht om een verantwoorde keuze te kunnen maken voor een bepaald type huisvesting van landbouwhuisdieren. Dit artikel gaat in op het stalklimaat waarin varkens zich optimaal voelen.

J.M.F. Verhagen  
M.W.A. Verstegen  
*Landbouwuniversiteit Wageningen*



# OP DE TOCHT



Landbouwhuisdieren stammen af van in het wild levende diersoorten, die in een evenwichtsrelatie met hun omgeving leefden. Men neemt aan dat de domesticatie van onze landbouwhuisdieren tussen de 11000 en 5000 jaar geleden is begonnen. Aanvankelijk werden de dieren daarbij nauwelijks in een ander milieu gebracht. De mens was meer hoeder dan houder van de dieren. De laatste eeuwen is dat veranderd en dat proces is door de ontwikkelingen in de technische en biologische wetenschappen sterk versneld. Het gedomesticeerde landbouwhuisdier heeft tegenwoordig optimale voeding, huisvesting en verzorging nodig. Niet alleen omdat de gebruikte rassen de gecontroleerde omstandigheden steeds meer nodig hebben, maar ook om een economische produktie mogelijk te kunnen maken.

Veel landbouwhuisdieren houdt men tegenwoordig in stallen. Voor productie en gezondheid speelt het stalclimaat altijd een belangrijke rol. Vooral voor jonge dieren moet het stalclimaat aan hoge eisen voldoen. De temperatuur in de stal is hierbij natuurlijk een belangrijke factor.

Landbouwhuisdieren, zoals koeien, varkens en kippen zijn *homeotherme* dieren, dat wil

zeggen dat ze warmbloedig zijn en door middel van thermoregulatie hun eigen lichaamstemperatuur zo goed mogelijk constant houden.

Een belangrijke component van het warmte-reguleringsmechanisme is de warmteproductie. Warmte komt in levende wezens vrij bij biochemische reacties. De hoeveelheid geproduceerde warmte kan worden berekend uit de O<sub>2</sub>-consumptie en de CO<sub>2</sub>-productie van een dier (Intermezzo). Om de stofwisseling van een dier in detail te kunnen bestuderen moet het in een zogenaamde *klimaatrespiratiecel* worden gehouden. Door registratie van het gegeten voedsel, de uitgescheiden mest, de temperatuur in de cel, de activiteit van het dier en eventuele produkten als melk, eieren of aanzet van lichaamsweefsel, kan men een goed inzicht krijgen in het gedrag onder en de aanpassingen aan verschillende stalclimaten.

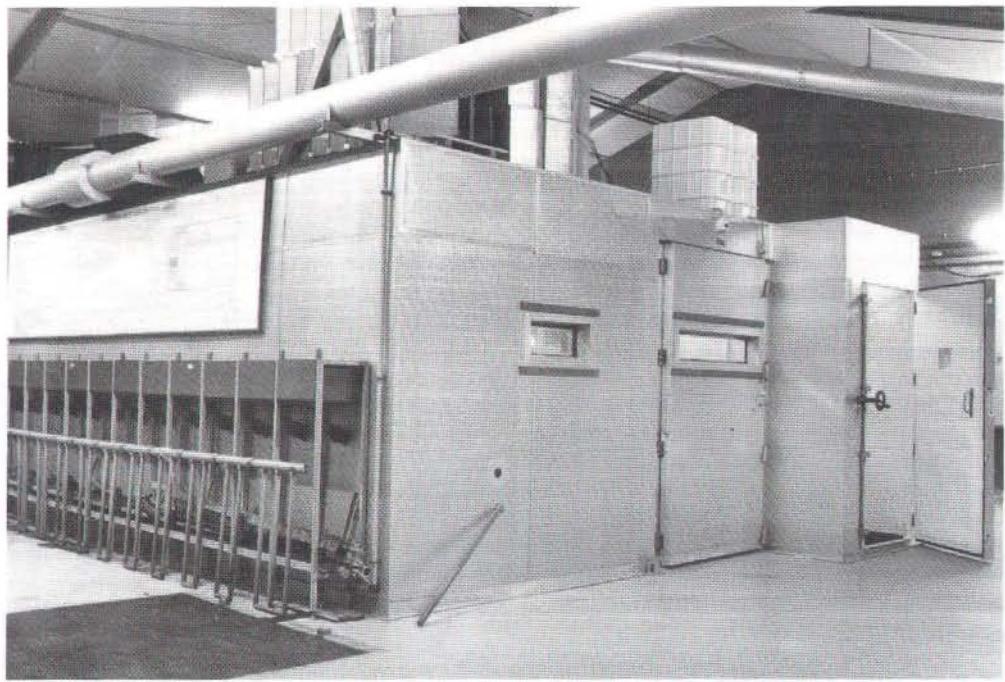
We noemen het temperatuurtraject waarbinnen de lichaamstemperatuur en de warmteproductie constant gehouden kan worden het *thermoneutrale gebied* (afb. 5). Indien de staltemperatuur te laag wordt, zal een dier, om zijn lichaamstemperatuur op peil te houden, extra warmte produceren ter compensatie van het warmteverlies aan de omgeving. Bij extre-

## — Warmteproductie —

Bij verbranding komt warmte vrij. De warmteproductie bij mens en dier is het gevolg van de oxydatie van koolhydraten, vetten en eiwitten. In de tabel is aangegeven hoeveel O<sub>2</sub> nodig is, en hoeveel CO<sub>2</sub> en warmte vrijkomen bij de verbranding van 1 g koolhydraten, vetten of eiwitten. De verbranding van eiwit is onvolledig omdat een gedeelte ervan als stikstofverbinding via de urine het lichaam verlaat. Gemiddeld komt uit eiwit 23,8 kJ·g<sup>-1</sup> aan warmte

vrij. Voor de gemiddelde samenstelling van koolhydraten in voedsel wordt de samenstelling van zetmeel aangehouden. Voor vet wordt uitgegaan van een triglyceride van vetzuren met twee dubbele bindingen en gemiddeld iets minder dan 17 C-atomen. De benodigde of vrijkomende liters O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> zijn gegeven voor watervrij gas van 0°C en 1 atm (0,1 MPa). Het respiratiequotiënt (RQ) geeft de verhouding tussen CO<sub>2</sub>-opbrengst en O<sub>2</sub>-verbruik aan.

TABEL O <sub>2</sub> -verbruik en CO <sub>2</sub> - en warmteproductie bij stofwisselingsprocessen				
1 g	Verbruik O <sub>2</sub> (liter)	Productie CO <sub>2</sub> (liter)	Geproduceerde warmte (kJ)	Respiratiecoëfficiënt
Zetmeel	0,829	0,829	17,6	1,000
Vet	2,013	1,431	38,7	0,711
Eiwit	0,957	0,774	18,4	0,809



1

1. In de klimaatrespiratiecellen van de vakgroep veehouderij van de Wageningse Landbouwuniversiteit gebeurt wereldberoemd onderzoek naar de energiehuishouding

van landbouwhuisdieren. De stal is volledig geïsoleerd van de buitenwereld. Alle lucht en water die in- en uitgaan, en voedsel en mest kunnen worden gemeten.

Vooral herkauwers produceren een bepaalde hoeveelheid methaan gas. Bij de productie van elke liter  $\text{CH}_4$  zal het  $\text{O}_2$ -verbruik twee liter lager zijn dan bij volledige verbranding, wat makkelijk is in te zien door te bedenken dat de reactie



niet plaatsvindt.

Uit het bovenstaande en de gegevens in de tabel zijn nu de volgende vergelijkingen af te leiden:

$$K = -12,406 \times \text{O}_2 + 17,451 \times \text{CO}_2 \\ - 7,263 \times \text{CH}_4 - 10,219 \times N_u$$

$$F = 7,186 \times \text{O}_2 + -7,186 \times \text{CO}_2 + 7,186 \times \text{CH}_4 \\ - 8,219 \times N_u$$

waarin K het aantal gram koolhydraat is; F het aantal gram verbrachte vet;  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$  liters van het aangeduide gas zijn en  $N_u$  het aantal gram stikstof in de urine is.

De geproduceerde hoeveelheid warmte (H) is dan:

$$H = 16,180 \times \text{O}_2 + 5,02 \times \text{CO}_2 + 2,17 \times \text{CH}_4 \\ - 5,99 \times N_u \text{ (kJ)}$$

Uit de oplossing blijkt dat de warmteproductie bepaald kan worden uit metingen van het zuurstofverbruik, de  $\text{CO}_2$ -productie, methaanproductie en stikstofuitscheiding met de urine. Bij de niet-herkauwers is de bijdrage van  $\text{CH}_4$  en stikstof in de urine aan de berekende warmteproductie minder dan 1%. Die hoeveelheden worden dan ook in het algemeen niet gemeten in de experimenten. De gebruikte formule wordt dan:

$$\text{Warmte (kJ)} = 16,18 \times \text{O}_2 + 5,02 \times \text{CO}_2$$

De warmteproductie tussen diersoorten en tussen dieren van verschillend gewicht kan niet zonder meer vergeleken worden. Men kan de hoeveelheid geproduceerde warmte wel vergelijken door de warmteproductie uit te drukken per kilogram metabolismisch gewicht.

2, 3 en 4. Van nature veranderen dieren hun gedrag bij wisselende weersomstandigheden. Schapen kunnen in de winter heel goed buiten blijven. Ze hebben dan een dikke vacht en gaan bij extreme kou dicht bij elkaar staan (2). Koeien keren hun achterste naar aanhoudende regen en harde wind en staan dan aan de lijzijde van het weiland (3). Varkens liggen op een warme zomerdag graag in de schaduw en nemen liefst ook nog een modderbad (4).



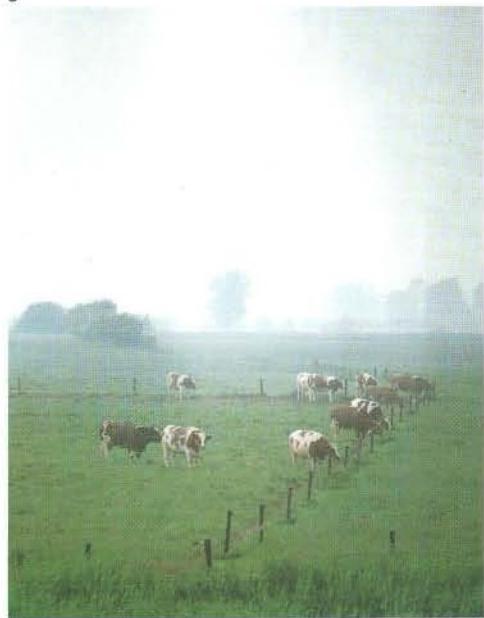
2

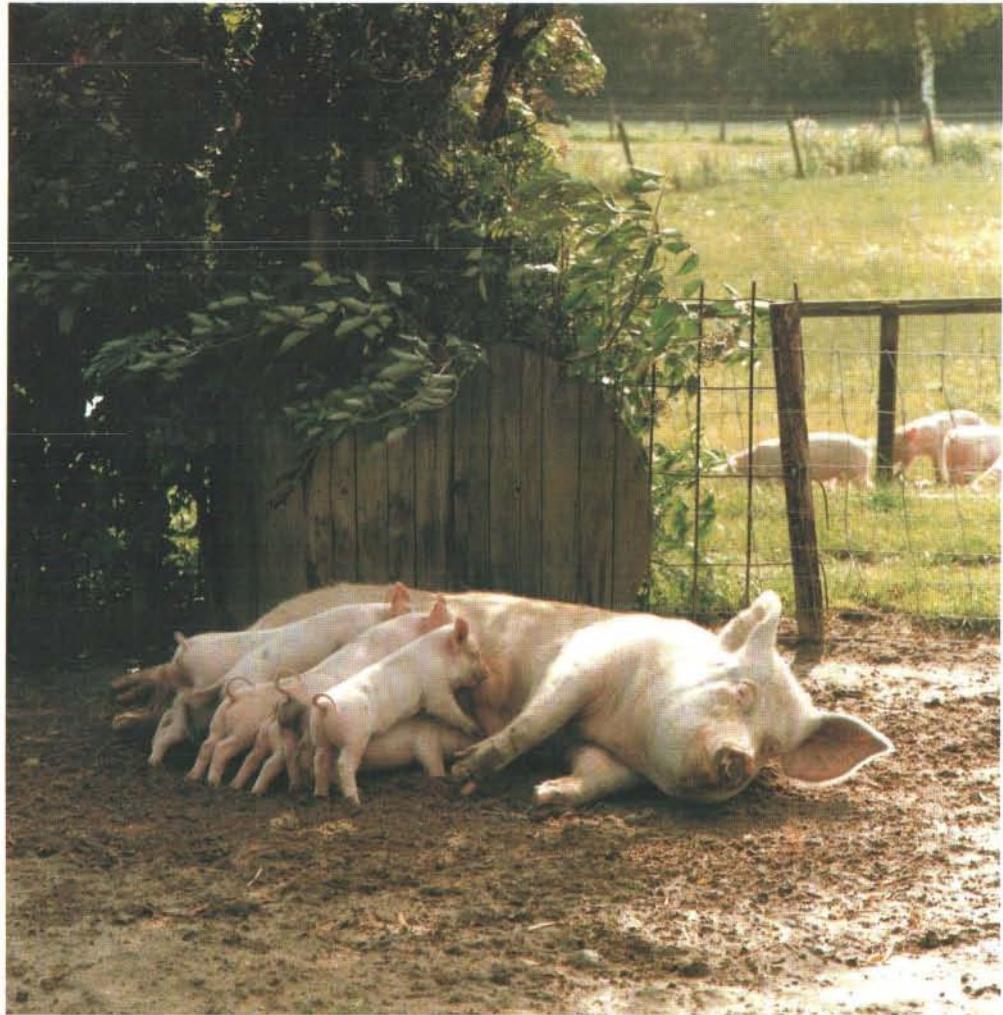
me koude zal het dier op gegeven moment niet meer in staat zijn zijn warmteproductie nog verder op te voeren en zal zijn lichaamstemperatuur dalen. Bij temperaturen boven de thermoneutrale zone moet een dier thermoregulatoire inspanning verrichten om warmte kwijt te raken. Meestal zweert of hijgt het dan, maar zoekt ook verkoeling in zijn omgeving. Bij aanpassing aan hoge temperaturen is het punt waarbij het dier zijn lichaamstemperatuur niet meer constant kan houden eerder bereikt dan bij aanpassing aan koude.

In stallen probeert de veehouder uiteraard de temperatuur binnen het thermoneutrale gebied te houden, omdat de dieren dan geen extra energie hoeven te gebruiken om hun temperatuur op peil te houden. Toch treden wel afwijkingen op. Onjuiste klimaatbeheersing in de stal is een oorzaak, maar ook tocht, koude buitenlucht die met hoge luchtsnelheid direct langs de dieren stroomt, zorgt soms voor te lage temperaturen.

Onderzoek met mestvarkens op praktijkbedrijven heeft aangetoond dat tocht en temperatuurschommelingen negatieve consequenties hebben voor de gezondheid van de dieren. Voor we verder ingaan op de gevonden effec-

3





4

ten zullen we eerst de fysiologische en gedragsveranderingen bij varkens onder invloed van temperatuurveranderingen bespreken.

#### **Thermoregulatie**

Aanpassing van een dier kan tot uiting komen in ander gedrag en in fysiologische en hormonale veranderingen. De verandering van de omgeving die aanpassing noodzakelijk maakt, kan zowel langzaam en langdurig zijn, alsook abrupt en veelal onverwacht. De wijze van aanpassing van het dier is uiteraard afhankelijk van het type verandering.

#### *Gedragsverandering*

In de natuur passen dieren hun houding en oriëntatie ten opzichte van wind en zon afhankelijk van hun warmtebehoefte aan. In regenbuien met harde wind zien we koeien meestal aan de uiterste lijzijde van de wei met hun kont naar de wind staan. Schapen liggen op warme zomerdagen graag in de schaduw te hijgen. Varkens zoeken dan liefst een modderpoel op. Ook in stallen passen dieren hun gedrag aan het daar heersende klimaat aan.

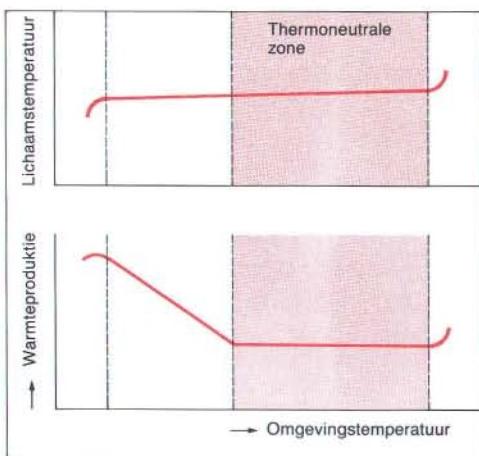
Een big ligt anders op een koude dan op een warme vloer (afb. 7). Op een koude vloer houdt zij het contact met de vloer zo klein mo-

gelijk. Bij een thermoneutrale temperatuur ligt het dier in een ontspannen houding, daardoor is een groter deel van het lichaamsoppervlak in contact met de vloer.

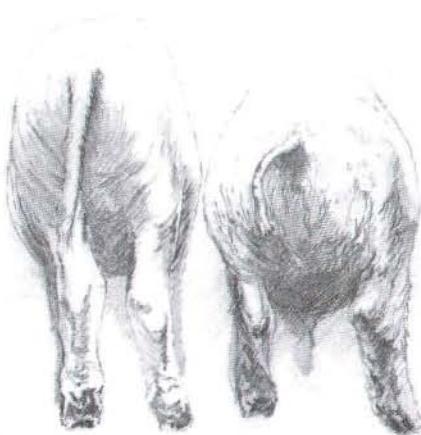
Biggen die in groepen zijn gehuisvest gebruiken ook elkaar als mogelijkheid om zich aan hoge of lage temperaturen aan te passen. Bij een thermoneutrale temperatuur liggen de dieren verspreid en ontspannen. Bij hoge temperatuur vermijden ze uiteraard elkaars warmte zoveel mogelijk en proberen met warmteabsorberende materialen in contact te komen. In de kou gaan ze tegen elkaar aan liggen (*huddling*). Bij tocht liggen biggen met hun lichaam in de richting van de luchtstroom, om het blootgestelde oppervlak te verkleinen.

#### Fysiologische veranderingen

De eerste reactie van dieren bij blootstelling aan lage temperaturen is het verhogen van de warmteproductie. In een poging het evenwicht met de omgeving te handhaven zal het dier aanvankelijk gaan rillen. Dit is een inefficiënt proces omdat de warmte daarbij vlak bij de huid wordt geproduceerd. Bovendien veroorzaakt rillen een toename van de luchtbeweging bij de huid. Sommige dieren hebben er iets aan hun haren of veren op te zetten, dat bevordert hun isolatie doordat er lucht wordt vastgehouden. De isolatiewaarde van lucht is hoog. Het vernauwen van de bloedvaten (*vasoconstrictie*) in het perifere weefsel geeft eveneens een verhoogde isolatie. Jonge varkens kunnen bij-

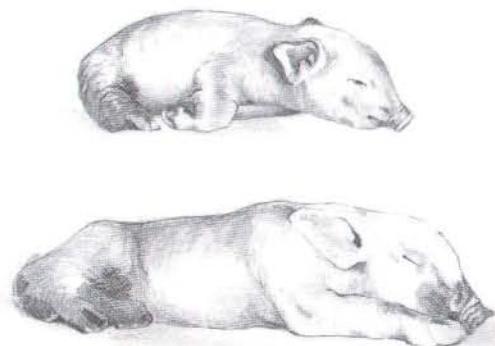


5



6

7



5. Binnen de thermoneutrale zone houden varkens hun lichaamstemperatuur constant zonder extra warmteproductie. Bij lagere temperatuur stijgt hun warmteproductie.

6. Het linker varken leefde zeven weken bij 35°C; het rechter evenlang bij 5°C. Het verschil in bouw was uitsluitend het gevolg van dit temperatuurverschil.

7. Een big op een betonnen vloer van 15°C ligt op haar poten en houdt zo het lichaam vrij van de vloer. Op een polystyreen vloer van 35°C ligt het dier met de poten uitgestrekt.

8 en 9. Koeien die aan een plotselinge temperatuurverandering worden blootgesteld vertonen zowel bij verhoging als bij verlaging van temperatuur een stijging van de cortisolconcentratie in hun bloed. Bij langdurige blootstelling wordt het niveau langzaam constant en komt dan uit op waarden die ook bereikt worden wanneer de koeien aan een langzame temperatuurverandering van hun omgeving worden blootgesteld.

voorbeeld bij een temperatuurdaling van 10°C hun weefselsisolatie met 18% verhogen.

Dieren die langere tijd in de kou gehuisvest zijn, verhogen hun dagelijkse voeropname. Daardoor stijgt de hoeveelheid warmte die bij vertering van voer vrijkomt en is meer energie beschikbaar, omdat het voer immers als brandstof dient. Daarnaast hebben dieren nog een aantal andere thermoregulatoire mechanismen.

Naarmate de lage temperatuur voortduurt zal een dier zijn lichaamsisolatie verhogen via groeiprocessen. Het haarkleed verandert en varkens krijgen een dikkere speklaag. Extreem lange blootstelling aan extreem lage temperaturen tenslotte, wat in praktijkstellen nauwelijks voorkomt, zal het postuur van vooral jonge dieren ingrijpend beïnvloeden. Biggen krijgen naast een dikkere speklaag ook een geringer lichaamsoppervlak en kortere poten (afb. 6).

#### *Hormonale veranderingen*

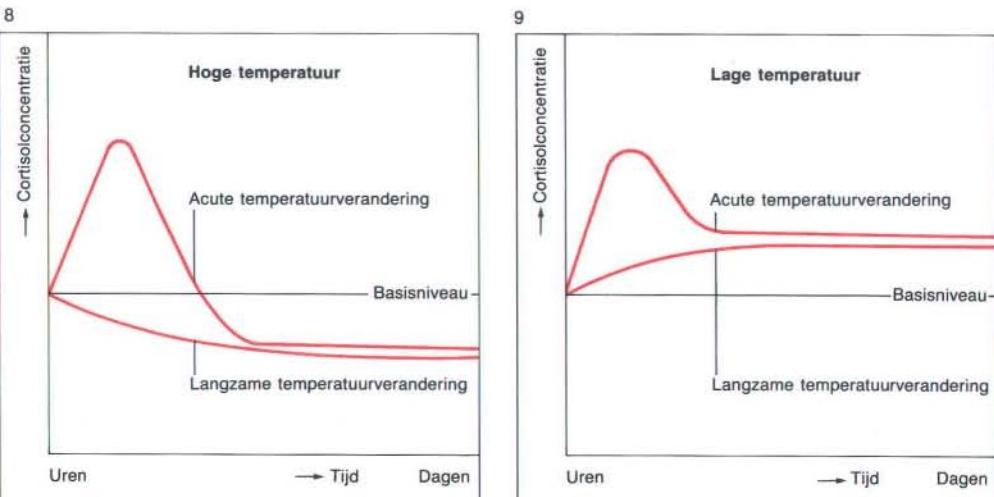
Blootstelling aan lage temperaturen veroorzaakt een hormonale respons. Hormonen vervullen in het lichaam een boedschapperfunctie; ze brengen signalen over, meestal van het zenuwstelsel naar organen die tot een bepaalde actie moeten worden aangezet. Bij aan kou blootgestelde dieren neemt het gehalte aan stoffen als thyroxine, glucocorticoïden, catecholaminen en groei-hormonen in het bloedplasma toe. De belangrijkste functie van de

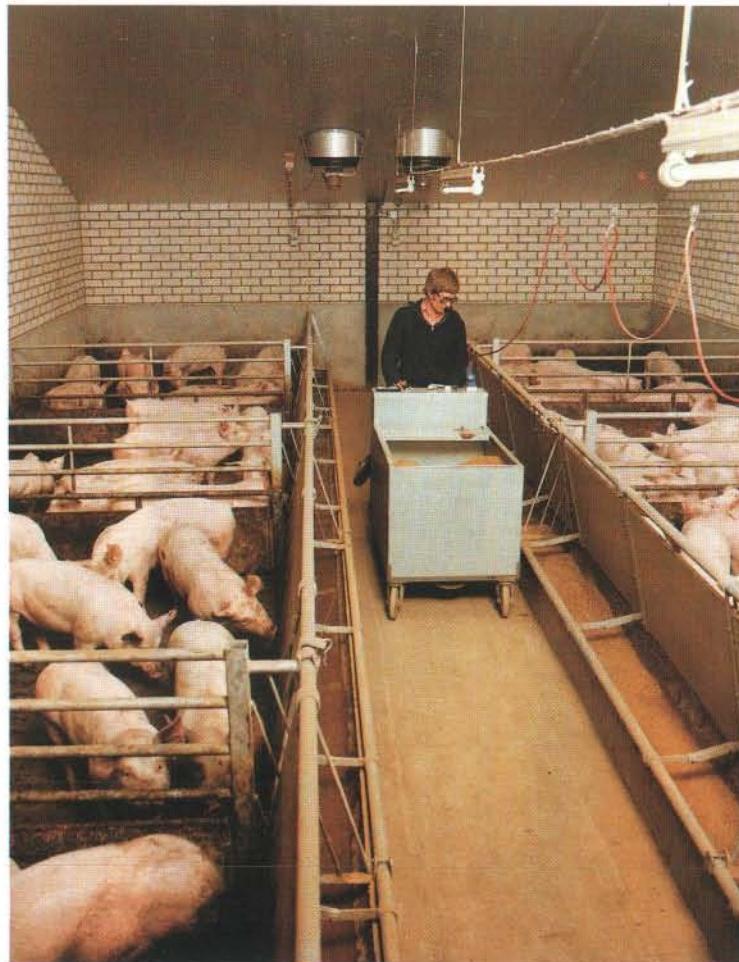
concentratiestijging van deze hormonen is dat ze helpen extra energie beschikbaar te maken. De reactie van een dier op koude wordt in eerste instantie via catecholaminen bepaald, terwijl langduriger blootstelling leidt tot veranderingen in de corticosteroïdenspiegels. Ook bij de hormonale respons is het overigens belangrijk op welke wijze een dier aan een temperatuurverandering wordt blootgesteld.

De reactie op een plotselinge blootstelling verschilt van die op een geleidelijke temperatuurverandering, maar uiteraard maakt het ook uit of de temperatuur hoger of lager wordt. In afbeeldingen 8 en 9 is dat bijvoorbeeld weergegeven voor het cortisolgehalte in het bloedplasma van koeien. Zowel bij verhoogde als verlaagde temperatuur stijgt het cortisolgehalte aanvankelijk sterk. Uiteindelijk leidt de specifieke respons tot een blijvend verhoogd cortisolgehalte bij lage temperatuur en een blijvend verlaagd gehalte bij hoge temperatuur.

#### **Tocht en kou**

Onderzoek in klimaatrespiratiecellen aan groepen jonge varkens bij staltemperaturen van 25°C en 15°C leverde gedetailleerde gegevens over hun gedrag en groeisnelheid. De gekozen temperaturen simuleren de praktijkomstandigheden. In de varkenshouderij worden jonge mestvarkens als ze ongeveer tien weken oud zijn namelijk overgebracht naar de meststal.





10

10. In de mesterij zijn de varkens meestal in groepen gehuisvest. Moderne stallen zijn makkelijk schoon te houden en zijn voorzien van klimaatbeheersingsapparatuur.

11 en 12. Varkens reageren verschillend op tocht, al naar gelang ze bij 25°C (11) of bij 15°C (12) leven. Na een aantal dagen treedt gewenning op en worden de verschillen in warmteproductie kleiner.

13 en 14. Biggen liggen bij 15°C in nauw contact om hun warmteverlies naar de omgeving te beperken. Bij een thermoneutrale temperatuur van 35°C liggen ze verspreid en ontspannen.

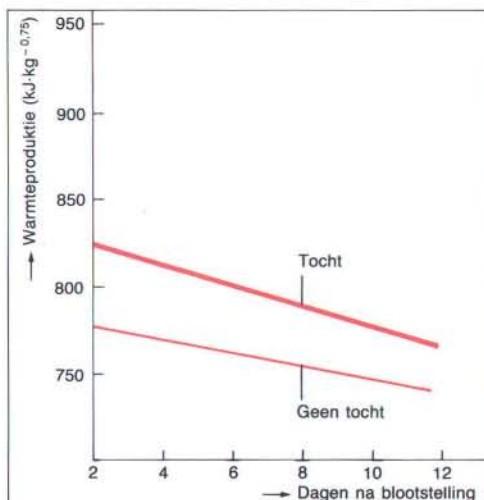
15. Jonge varkens die aan een lage temperatuur worden blootgesteld, nemen aanvankelijk minder voer op dan soortgenoten die in een hogere omgevingstemperatuur terechtkwamen. Na een tiental dagen verandert de situatie.

Vooral in de winter kan de staltemperatuur voor deze jonge dieren te laag zijn. Dit heeft invloed op hun groeiwelheid.

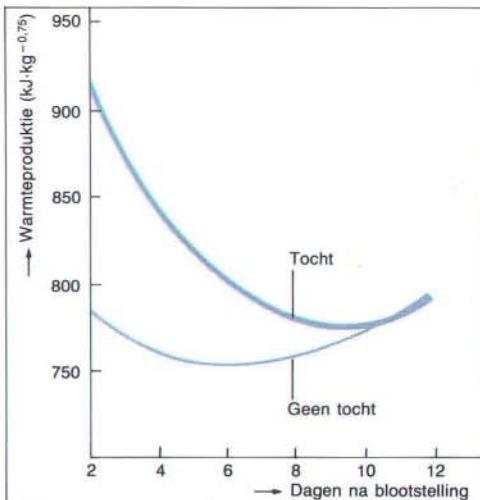
In afbeelding 15 is het verschil in voeropname weergegeven tussen varkens die bij 15°C en bij 25°C werden gehuisvest. De koud gehuisveste varkens aten minder gedurende de eerste dagen na begin van de blootstelling. Daardoor groeiden ze in die periode minder hard. Op de elfde en twaalfde dag namen ze echter meer voer op dan dieren die bij 25°C leefden. De warmteproductie van de dieren is in afbeeldingen 11 en 12 weergegeven.

De invloed van tocht werd in soortgelijke experimenten onderzocht. Groepen biggen, gehuisvest bij 15°C en bij 25°C, werden iedere

nacht op verschillende tijdstippen in totaal 180 minuten aan tocht blootgesteld. Dat gebeurde door ventilatoren aan te zetten die de luchstromen van 0,2 tot 0,8 m.s<sup>-1</sup> verhoogden en de temperatuur 5° verlaagden (afb. 18). Bij beide temperaturen bleken de dieren in de eerste dagen hun warmteproductie te verhogen in vergelijking met dieren die bij overeenkomstige temperatuur niet aan tocht werden blootgesteld. Het verschil neemt echter af en op de tiende dag zijn de warmteproducties weer gelijk. De aan tocht blootgestelde dieren bleken hun warmteverlies te beperken door tegen elkaar aan te gaan liggen, waarbij ze met hun neus in de richting waar de tocht vandaan kwam gingen liggen.



11



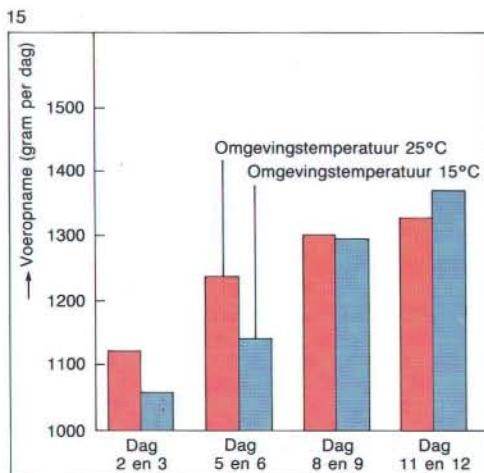
12



13



14



De aanpassing aan ongunstige klimatologische omstandigheden blijkt dus een combinatie van gedrags- en fysiologische veranderingen te zijn. De tijd die nodig is voor een aanpassing hangt af van de temperatuur en wordt langer als de dieren ook nog aan tocht worden blootgesteld. Bij lage temperatuur is het effect van tocht bovendien groter dan bij hoge temperatuur, wat waarschijnlijk komt doordat de bij elkaar liggende biggen bij het ontstaan van de tocht plotseling in beweging komen en de huddling dus wordt verbroken. Door die activiteit ontstaat extra warmteproductie, bovendien is een groter oppervlak van de dieren tijdelijk aan de tocht blootgesteld waardoor de warmteverliezen toenemen.

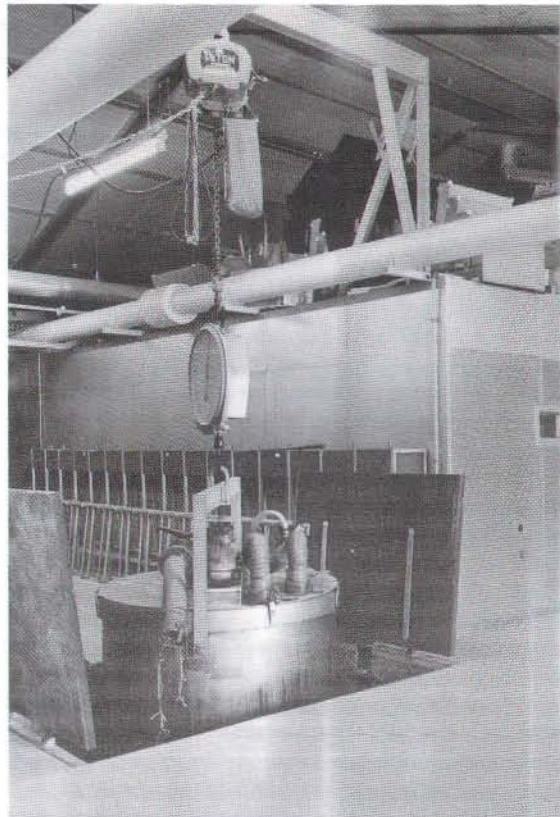
## Stalklimaat en gezondheid

In de intensieve veehouderij is de diergezondheid van uitermate groot belang. Voor het welzijn van het dier en een efficiënte produktie is een optimale gezondheid van de dieren onontbeerlijk. Inzicht in de effecten van het stalklimaat op de gezondheid van landbouwhuisdieren draagt ertoe bij dat beter tegemoet kan worden gekomen aan de eisen die dieren aan hun omgeving stellen. In de veehouderij noemt men de ziekten, waarop het stalklimaat en de bedrijfsvoering duidelijk invloed hebben, *factorenziekten of secundaire infectieziekten*.

Bij factorenziekten hoeft een aanwezig ziekteverwekkend micro-organisme niet noodzakelijk de gezondheid van de dieren te schaden als de overige omstandigheden goed zijn. Er bestaat dan een complexe relatie tussen milieu, dier en micro-organisme. Voor het dier zijn leeftijd, conditie, gevraagde produktie, afweermechanisme en eventuele predisponerende erfelijke factoren van belang. De invloed van het micro-organisme hangt samen met het ziekmakend vermogen (*virulentie*), de mate van overdraagbaarheid en de overlevingskans buiten het dier. Bij het milieu spelen naast het stalklimaat ook de hygiëne, de bezettingsgraad en het bedrijfsmanagement een belangrijke rol. Ziekten ontstaan wanneer het evenwicht tussen de drie factoren verbroken is.

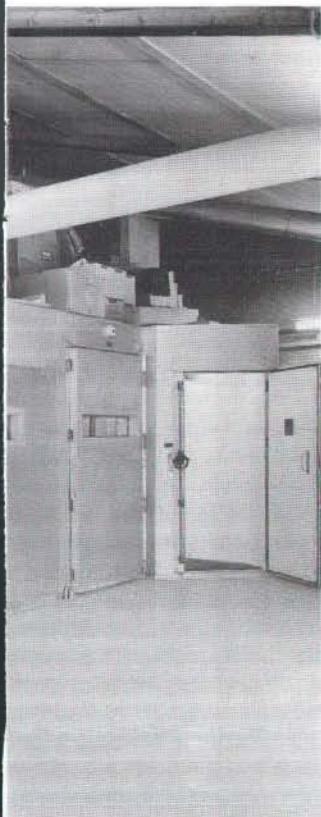
In de praktijk betekent het dat temperatuur, vochtigheid en netheid in een stal van invloed zijn op de mogelijkheid van micro-organismen om zich te handhaven en te vermenigvuldigen. Loopt een dier een infectie op, dan is het afweersysteem meestal in staat die afdoende te bestrijden. Het gaat echter sneller mis wanneer er erg veel micro-organismen in de stal zijn, of wanneer het dier onder stress staat als gevolg van tocht of andere temperatuurschommelingen. Hormonale en thermoregulatoire veranderingen kunnen er dan toe leiden dat het evenwicht wordt verstoord en ziekten kunnen uitbreken.

Met behulp van bij varkens geïmplanteerde temperatuursensoren is aangetoond dat een snelle afkoeling van de omgeving een kortdurende daling van de lichaamstemperatuur van het dier tot gevolg heeft. Uit andere proeven is gebleken dat tocht en temperatuurschommelingen ten tijde van infectie tot duidelijk meer gezondheidsproblemen leiden dan wanneer er

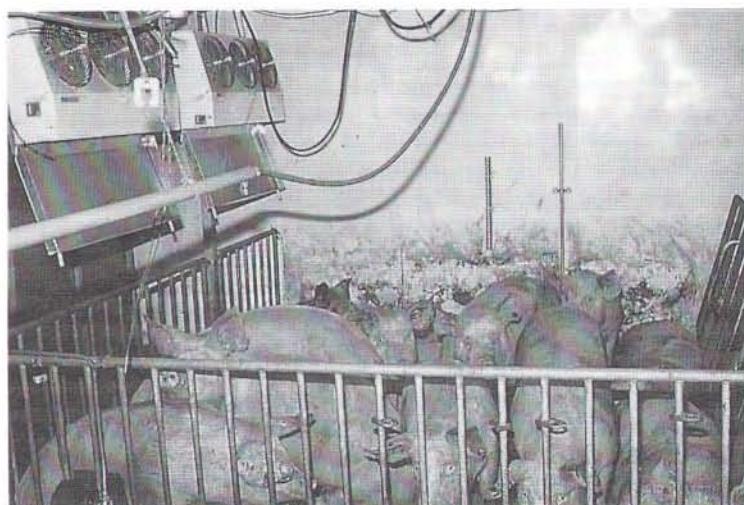


16

16, 17 en 18. De mestgoot in de klimaatrespiratiecel mond uit in een mesttank (16) die regelmatig wordt gewogen en waarvan de inhoud wordt geanalyseerd op stikstofgehalte om de eiwitstofwisseling te kunnen bepalen. De metingen in de klimaatrespiratiecel berusten in principe op kennis van de samenstelling van de luchtmengsels die de cel in- en uitgaan. Uit het verschil in samenstelling en de luchtverversing is de O<sub>2</sub>-consumptie en de CO<sub>2</sub>-productie van dieren in de cel bekend en is hun warmteproductie te berekenen. Meestal wordt ook de activiteit van de dieren met de echo's van ultrasone-geluidsgolven gemeten. Daardoor is het effect van verschillende klimaatcondities op het gedrag (activiteit) en de warmteproductie van de dieren meetbaar. Verschillende stalklimaten worden in de cel gesimuleerd doordat er verwarming, koeling en een bevochtiger aanwezig zijn. Voor het creëren van tocht, in verband met het in dit artikel beschreven onderzoek, werden tijdelijk ventilatoren geïnstalleerd (18). Om de lichaamstemperatuur van de onderzochte dieren goed te kunnen volgen werd tijdens het onderzoek bij verschillende dieren een temperatuursensor geïmplanteerd. Afbeelding 17 toont een operatie waarbij zo'n sensor werd ingebracht.



17



18

een goed stalklimaat heerst. Indien dieren echter fysiologisch aan een slecht stalklimaat zijn aangepast, blijkt het verschil ten opzichte van dieren in een goed stalklimaat niet langer aanwezig. Aanpassing van dieren aan een ongunstig stalklimaat heeft dus een beter weerstandsvermogen tot gevolg.

Uit de hier beschreven relatie tussen stalklimaat en warmteproductie komt duidelijk naar voren dat twee zaken een grote rol spelen. Alleerst is de snelheid van een stalklimaatverandering, zoals plotselinge tocht, er de oorzaak van dat dieren in de problemen komen. Het acute en onvoorspelbare blijkt een zware belasting voor de dieren te vormen. Hierdoor vermindert het weerstandsvermogen en neemt de gevoeligheid voor ziekten toe. Het tweede aspect is dat dieren zich na een aantal dagen volledig aanpassen aan de veranderde klimaatcondities. Door aanpassing brengt het dier zijn weerstand op peil. Dit betekent dat ideale stal-

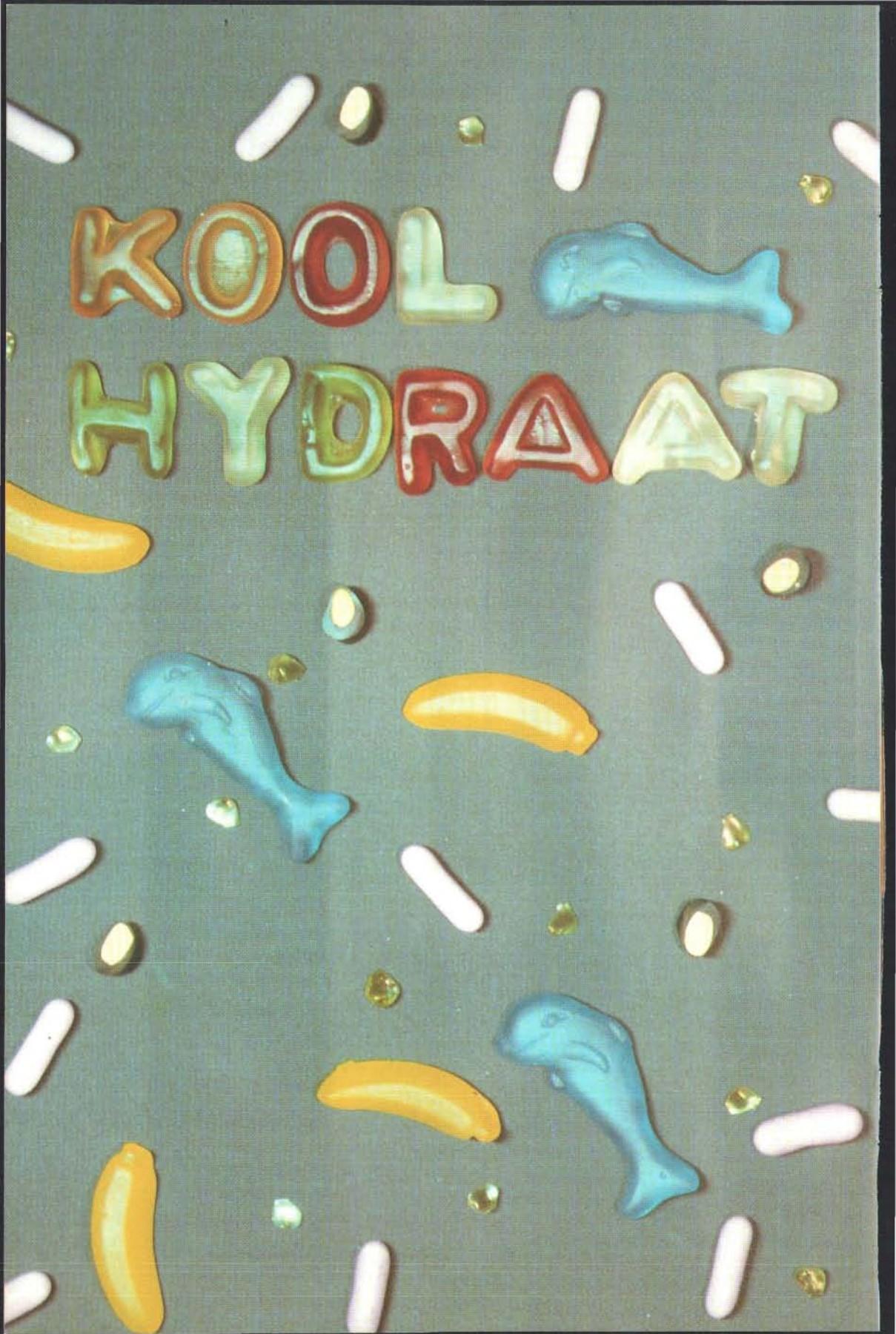
klimaten niet alleen moeten worden gedefinieerd in absolute getallen, maar vooral als toegestane veranderingen die de dieren per tijdseenheid mogen ondergaan.

*De auteurs danken ing W. van der Hel, betrokken studenten en medewerkers voor hun medewerking aan het hier beschreven onderzoek.*

#### Bronvermelding illustraties

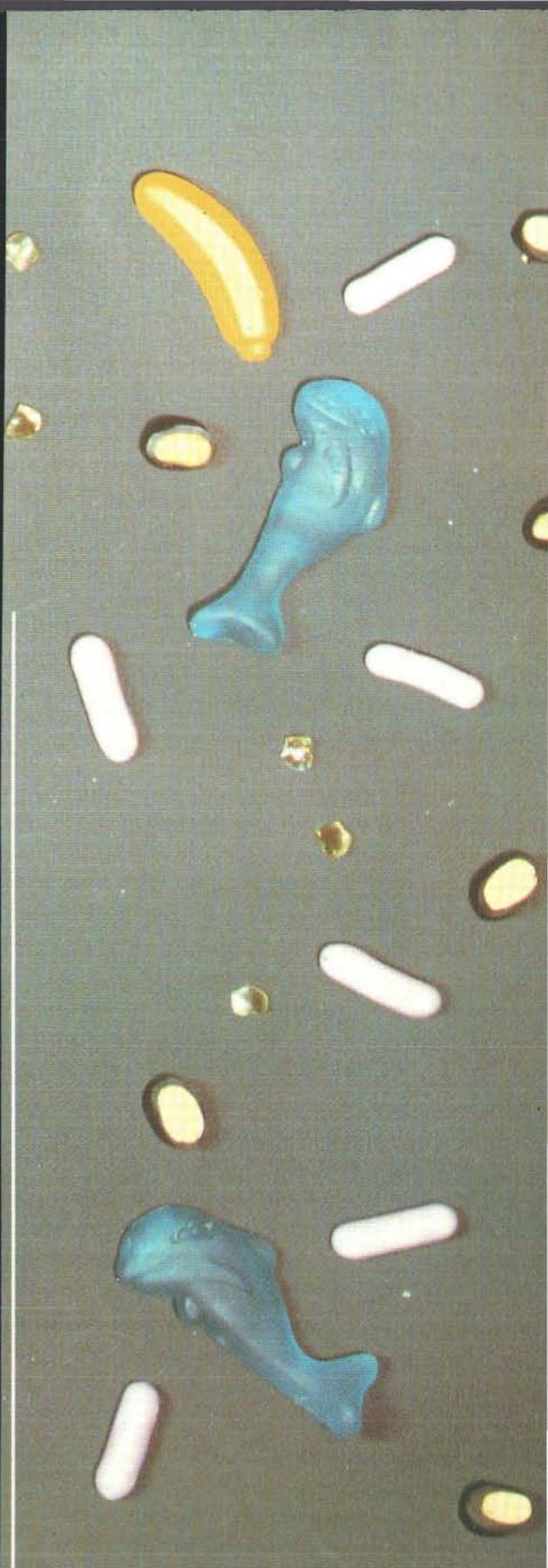
George Burggraaff bfn, Buurmalsen: pag. 914-915, 2, 3  
Wim Köhler, Cadier en Keer: 1  
Ministerie van Landbouw en Visserij, directie VEB: 4, 10  
Vakgroep Veehouderij, Landbouwuniversiteit Wageningen:  
16, 17, 18

KOOL  
HYDRAAT

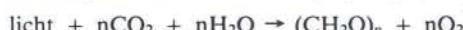


**A.P.G. Kieboom**  
*Technische Universiteit  
Delft*

De fotosynthese is voor bijna alle planten de voornaamste energiebron. Koolstofdioxide en water worden daarbij met behulp zonlicht door enzymen omgezet in koolhydraten. Voor de afbraak van koolhydraten tot suikermolekülen en andere kleinere verbindingen beschikken organismen over een enorm scala enzymen. De industriële biotechnologie krijgt steeds meer belangstelling voor produkten op basis van koolhydraten. Daarbij worden ook de enzymen ingeschakeld die al uit de natuur bekend zijn. De landbouw in Nederland en België produceren veel koolhydraten, prima grondstoffen voor de chemische industrie.



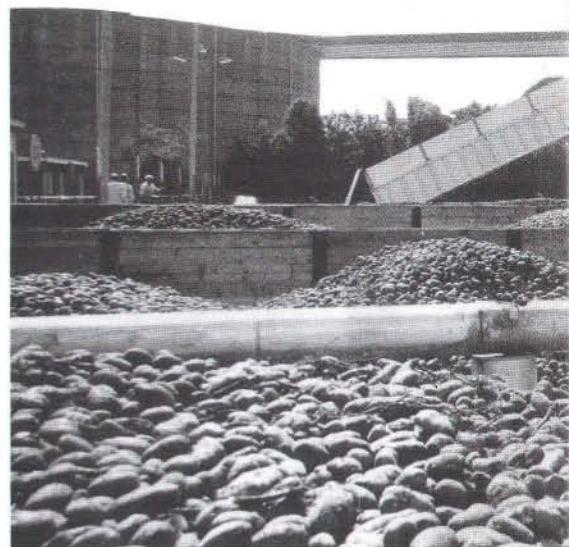
*Koolhydraten* zijn de primaire natuurlijke produkten uit de fotosynthese. Hun vorming is weer te geven in de reactievergelijking:



Uit koolhydraten worden via enzymatische omzettingen alle andere natuurlijke produkten zoals eiwitten, nucleïnezuren, oliën en vetten, terpenen en alkaloïden gevormd. Omdat sommige koolhydraten in de vorm van cellulose, zetmeel, biet- en rietsuiker en melksuiker in grote hoeveelheden voorkomen, zijn ze ook van belang als grondstof voor de industrie. In tegenstelling tot aardgas, aardolie en steenkool zijn koolhydraten hernieuwbare grondstoffen, zogenaamde *renewables*, wat wil zeggen dat ze uit het tegenwoordig milieу afkomstig zijn en er kunnen worden afgebroken, waarna de bouwstenen weer in de biologische voedselketen terecht kunnen. Produkten op basis van koolhydraten zijn daardoor vaak veiliger voor mens en dier dan eventuele concurrenten die van minerale grondstoffen zijn gemaakt.

Enzymen zijn de katalysatoren van de natuur. Het zijn eiwitten die in staat zijn de meest uiteenlopende chemische omzettingen zeer snel en selectief te laten verlopen. Niet alleen in levende organismen, maar ook in het laboratorium en in de fabriek. Grootchalige toepassing onder omstandigheden die sterk afwijken van de natuurlijke is voor een aantal enzymen heel goed mogelijk.

Het samengaan van enzymen en koolhydraten in industriële processen ligt voor de hand. Ook in de natuur gebeurt dit, en zowel koolhydraten als enzymen voelen zich thuis in waterig milieu. Het vastleggen van koolstofdioxyde uit de lucht tijdens de fotosynthese, de reactie aan de basis van de koolhydraatchemie, gebeurt al

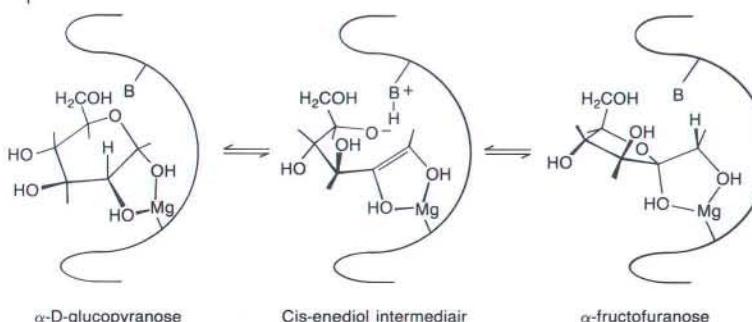


2

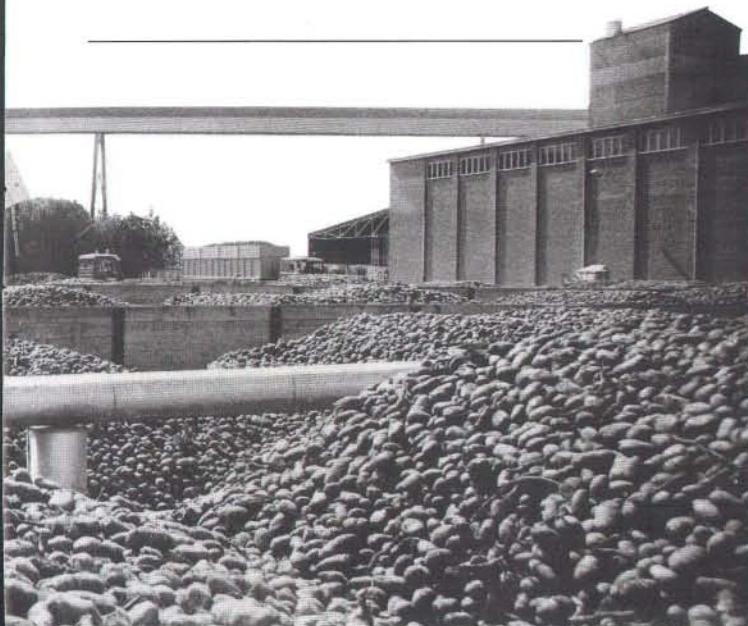
in een enzymatische reactie. Een suikermolekuul met vijf koolstofatomen wordt daarbij omgezet in twee suikers met drie koolstofatomen. Hieruit worden vervolgens de verschillende koolhydraten opgebouwd, alweer met behulp van enzymen. Kansen te over dus om deze natuurlijke omzettingen te vertalen naar door de industrie gewenste processen.

In Nederland en België worden op grote schaal bietsuiker, zetmeel en melksuiker geproduceerd. Het zijn, in hoeveelheid gezien, belangrijke natuurlijke grondstoffen voor diverse produkten. Het belang van enzymen voor het omzetten van deze koolhydraten, zal aan de hand van bovengenoemde drie tussenprodukten nader worden belicht.

1



1. Bij de productie van fructose-glucosestropen pompt men glucosestroop door kolommen met een dragermateriaal waarin of waaraan het enzym glucose-isomerase is gebonden. Glucose wordt door magnesium aan het enzym gebonden, waarna een basische groep (B) zorgt voor de verhuizing van een waterstofatoom (H).

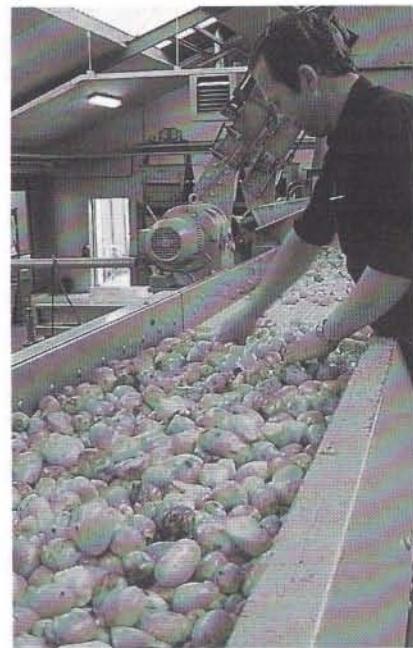


3



2, 3 en 4. Aardappelen zijn een belangrijke zetmeelbron voor de koolhydraten verwerkende industrie. De Noordnederlandse multinational AVEBE produceert jaarlijks 650 000 ton aardappelzetmeel tijdens een campagne die van augustus tot februari duurt.

4



## Zetmeel

De belangrijkste bronnen voor de zetmeelverwerkende industrie zijn aardappelen, tarwe en maïs. Zetmeel is een mengsel van een lineair en een vertakt polymeer, te weten amylose en amylopectine. Een zetmeelmolekuul bestaat uit duizenden tot miljoenen glucosemolekülen. Zetmeel kan met behulp van enzymen op industriële schaal in kleinere suikermolekülen worden gesplitst.

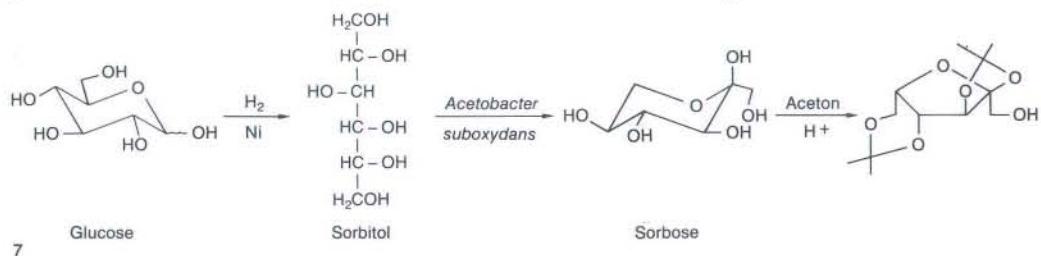
Allereerst laat men dan het zetmeel door het enzym  $\alpha$ -amylase in oligomeren of maltodextrinen omzetten. Dat zijn verbindingen die gemiddeld uit nog slechts vijf tot tien glucose-eenheden bestaan. Men noemt dit *vervloeiing*: de als behangplaksel zo dikke zetmeelslurry gaat over in een heldere oplossing van maltodextrinen. Een tweede enzym, amyloglucosidase, is nu in staat om de molekülen verder te splitsen tot een glucose-oplossing waarin nog enkele procenten dimeren en trimeren van glu-



5



6



cose voorkomen. Men zou kunnen zeggen dat het eerste enzym de takken van de zetmeelboom zaagt, terwijl het tweede enzym als chemische verhakselaar werkt.

Een derde enzym, glucose-isomerase, is in staat om de verkregen glucose om te zetten in een mengsel van glucose (50%), fructose (42%) en wat glucose di- en trimeren (8%). Dit mengsel wordt isoglucose ofwel fructose-glucosestroop genoemd en is op gewichtsbasis ongeveer even zoet als suiker. In de Verenigde Staten heet deze stroop *high fructose corn syrup* (HFCS) en heeft daar in vloeibare producten de helft van de traditionele, doch wat duurdere suiker verdronken. De grootste toepassing is die als zoetstof in frisdranken. De frisdrankindustrie is trouwens in het algemeen een zeer grote afnemer van zoetstoffen. In Europa is HFCS ten gevolge van heffingen

van de Europese Gemeenschap wat duurder en daarom van veel minder belang dan de hier traditionele bietsuiker.

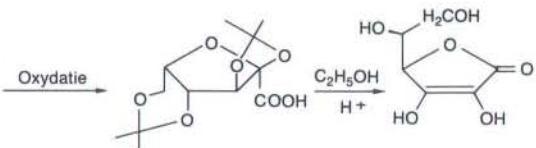
In de synthese van andere kleinere suikers, uitgaande van het glucose-fructosemengsel, vormt vervolgens een niet-enzymatische reductie naar de suikeralcoholen sorbitol en mannitol een belangrijke stap. Er zijn ook enzymen die dit kunnen, maar het industriële proces op basis daarvan is veel te duur. Wel is het mogelijk gebleken om een enzym en een metaalkatalysator samen te laten werken en zo glucose in één keer naar mannitol om te zetten. Sorbitol is onder andere een belangrijk tussenproduct in de synthese van vitamine C: eerst een fraai microbiële enzymatische oxydatie, dan een fraai stuk chemie. Van zetmeel naar vitamine C is overigens een fors enzymatisch en chemisch karwei (afb. 7).



5 en 6. Zetmeel wint men uit aardappels door ze te vermalen en dan vruchtwater (80,9%), vezels (1,3%) en zetmeel (17,8%) te scheiden. De scheiding gebeurt met zeven (6) en hydrocyclonen (5), een soort centrifuges waarin water en daarin gesuspendeerde zetmeeldeeltjes door centrifugaalkrachten worden gescheiden.

7. Vitamine C wordt in de chemische industrie uit glucose gemaakt door vijf achtereenvolgende reacties uit te voeren.

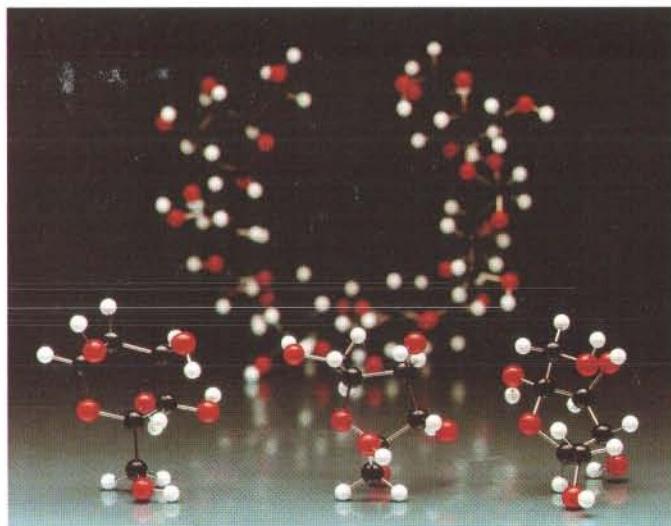
8. Drie achtereenvolgende enzymatische reacties zetten zetmeel om in fructose. De drie betrokken enzymen zijn  $\alpha$ -amylase, amyloglucosidase en glucose-isomerase. Een deel van een zetmeelmolekulaal staat op de achtergrond, drie configuraties van fructose op de voorgrond.



Nog twee andere enzymatische omzettingen zijn industrieel van groot belang. De eerste is de oxydatie van glucose naar gluconzuur met behulp van glucose-oxydase. De tweede, van veel recenter datum en op dit moment slechts op bescheiden industriële schaal toegepast, is de enzymatische omzetting van zetmeel in ringvormige oligomeren van glucose. Het belangrijkste produkt is het  $\beta$ -cyclodextrine, een 'tulbandmolekulaal' dat uit zeven glucose-eenheden bestaat. De holte van deze tulband is apolair, de buitenkant polair. Vele geneesmiddelen en reuk- en smaakstoffen, vooral de stoffen die zelf een apolair karakter hebben en dus slecht in water oplossen, gaan graag in de tulband zitten, vanwege het apolaire milieu. Daarom wordt  $\beta$ -cyclodextrine onder andere als zogenaamd *slow release agent* toegepast. Dat wil zeggen dat de ingesloten stoffen er langzaam uitkomen, een groot voordeel wanneer men de werking van reuk- en smaakstoffen of van geneesmiddelen over een langere tijd wil spreiden. De verwachtingen ten aanzien van dit nieuwe produkt zijn dan ook hoog gespannen.

Tenslotte worden glucosestropen toegepast als koolstofbron voor fermentatieprocessen ter bereiding van produkten zoals alcohol, azijnzuur, citroenzuur en penicillines. Ook hier is steeds sprake van enzymatische omzettingen.

8



9



9. De holte in de ring van cyclodextrine biedt plaats aan apolare gastromolekülen die daaruit in een waterig milieu slechts langzaam vrijkomen.

**Suiker**

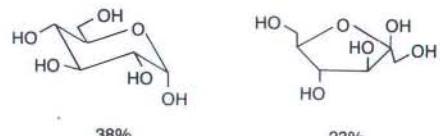
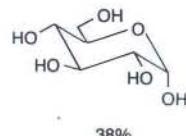
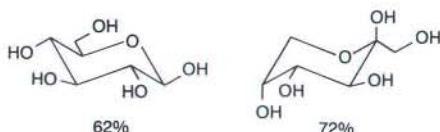
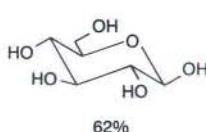
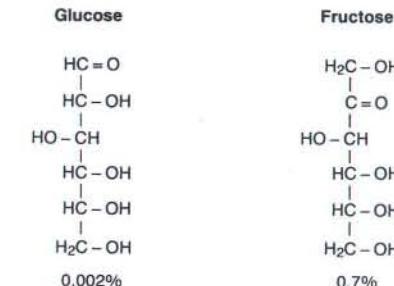
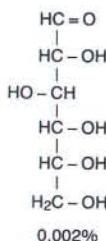
Onze kristalsuiker is ook bekend onder de namen sucrose, sacharose, bietsuiker of rietsuiker. In Nederland en België wordt hij uit de suikerbiet gewonnen. Verreweg het grootste deel ervan wordt als suiker gebruikt in voedings- en genotmiddelen.

Het suikermolekuul is een dimeer, opgebouwd uit de monomeren glucose en fructose. Met behulp van het enzym invertase wordt suiker gesplitst en krijgen we een oplossing die gelijke hoeveelheden glucose en fructose bevat, de zogenaamde *invertsuiker*. Deze stroop heeft vrijwel dezelfde eigenschappen als de fructose-glucosestroop (HFCS) die uit zetmeel gemaakt wordt. Industriële omzetting van suiker naar invertsuiker vindt plaats ten behoeve van de bereiding van mannitol en sorbitol door katalytische hydrogenering van invertsuiker.

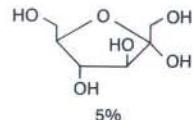
Industrieel ook belangrijk is de directe microbiële omzetting van suiker in melkzuur:



Melkzuur kan in twee molekulaire vormen voorkomen die elkaar spiegelbeeld zijn, te weten L-melkzuur en D-melkzuur. De vraag naar produkten die slechts uit één van de spiegelbeeldvormen bestaan, wordt steeds groter. De biologische werking van een stof en zijn spiegelbeeld laten grote verschillen zien, zodat

**Glucose**

10

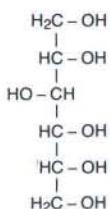


12



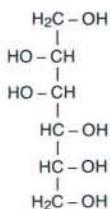
12 en 13. Onderzoek aan zetmeel leverde de afgelopen jaren tal van nieuwe produkten op. Gezien de agrarische basis van de zetmeelinindustrie is plantenveredeling een eerste stap naar produktverbetering (13). Plantenbiotechnologen willen bij de fabrieksaardappel vooral de verhouding tussen de twee in de aardappel voorkomende zetmelen amylose en amylopectine genetisch veranderen. Uitgaande van produkten kan vaak worden bekeken hoe zetmelen zich daarin gedragen en wat er nog aan te verbeteren zou zijn. Drop bestaat bijna helemaal uit koolhydraten. De kattjesdrop in de trommel op de foto staat op het punt een chemische analyse te ondergaan (12).

## Sorbitol



11

## Mannitol



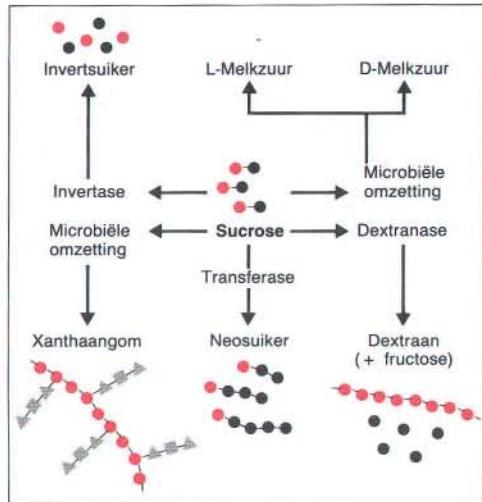
10. Glucose en fructose worden met verschillende structuurformules weergegeven die allemaal een deel van de waarheid vormen. In water van kamertemperatuur komen de twee suikers voor volgens de bij de formules aangegeven procentuele verdeling. De verschillende vormen van dezelfde suiker gaan bij deze temperatuur snel in elkaar over.

11. Na één reductiestap van zowel glucose als fructose zijn geen cyclische structuren meer mogelijk. Reductie van glucose levert uitsluitend sorbitol; uit fructose kan zowel sorbitol als mannitol ontstaan.

14. Startend met sucrose zijn langs verschillende enzymatische wegen tal van interessante verbindingen te bereiden.



13



14

voor geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen meer en meer het gebruik van de zuivere actieve verbinding, zonder zijn spiegelbeeld, wordt nastreefd. De huidige productie levert zuiver L-melkzuur terwijl een ander micro-organisme binnenkort industrieel wordt ingezet voor de productie van D-melkzuur. Naast toepassing in de voedings- en geneesmiddelenindustrie, vindt het polymer van melkzuur medische toepassing als biologisch afbreekbaar hechtdraad in de chirurgie.

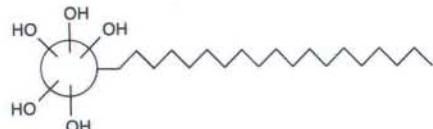
In plaats van suikermolekülen enzymatisch te knippen in twee of vier kleinere molekülen, kunnen we suiker ook omzetten naar oligomeer en polymere koolhydraten. Het enzym dextranase bijvoorbeeld rijgt de glucose-eenheden van suiker aan elkaar tot een polyglucose, dextaan genoemd. Dextranen vinden onder meer toepassing als substituut voor bloedplasma.

Het is ook mogelijk de fructose-eenheden uit gesplitst sacharose enzymatisch aan elkaar te rijgen. We krijgen dan een mengsel van oligomeren dat neo-suiker wordt genoemd. Het vindt toepassing als laagcalorische zoetstof met gunstige eigenschappen op de darmflora: een typisch gezondheidsproduct.

Tenslotte is het mogelijk om suiker met micro-organismen om te zetten in het biopolymer xanthangom. Dit bestaat uit een ruggegraat van glucose-eenheden die om en om, als een soort weerhaken, suikerstaartjes bevatten. Xanthangom is daardoor een prima verdikkingmiddel en wordt zowel toegepast in de voedingsmiddelenindustrie als voor de oliewinning. Bij de laatste toepassing wordt water met xanthangom in een oliebron gepompt waardoor het mogelijk is ook de 'laatste restjes' olie uit een bron naar boven te krijgen.

15. Ruim 75% van het geproduceerde aardappelzetmeel zet AVEBE zelf om in derivaten die voor de meest uiteenlopende industrietakken bestemd zijn. Op de foto de reactievaten in een derivatenfabriek.

16. Een koolhydraatkop, gekoppeld aan een vetzuurstaart is een model voor mens- en milieuvriendelijke oppervlakte-actieve stoffen, die onder andere voor cosmetica, voedingsmiddelen en wasmiddelen bruikbaar zijn.



16



15

### Melksuiker

Melksuiker of lactose is een bijproduct van de kaasbereiding. Het wordt toegepast als drager van medicijnen, in tabletvorm of als poeder, maar bijvoorbeeld ook in de levensmiddelenindustrie, als smaakmaker voor het vasthouden van vruchtenmakers in frisdranken en als smaakonderdrukker van bittere en zoute smaken.

Melksuiker bestaat uit de suikers galactose en glucose en kan met het enzym lactase gemakkelijk in deze twee suikers worden gesplitst. Het gesplitste product gebruikt men onder andere bij de bereiding van consumptie-

ijs. Dezelfde enzymatische splitsing is van belang voor mensen bij wie het enzym lactase niet functioneert en die daardoor lactose-intolerant zijn. Zij zijn niet in staat melksuiker te verteren en verdragen melkprodukten slecht, omdat ze er maag- of darmklachten van krijgen.

Verdere industriële omzettingen van lactose gebeuren langs niet-enzymatische weg. Belangrijk is bijvoorbeeld de omzetting van lactose naar lactulose, een darmregulerend middel, waarbij de glucose-eenheid in lactose wordt omgezet in een fructose-eenheid. De reden voor de chemische werkwijze is simpel: er is geen enzym bekend dat het kan. Een ander

produkt is lactitol dat door katalytische reductie met waterstofgas over een nikkelkatalysator wordt gemaakt. Enzymatische reductie is hier wel mogelijk, maar te duur. Lactitol heeft smaakverbeterende en darmregulerende eigenschappen.

Hoewel nog niet industrieel toegepast, kan de oxydatie van lactose zowel enzymatisch als chemisch goed worden uitgevoerd. De jaren zullen ons leren welk proces het meest economisch is en hoe het gesteld is met de toepassingsmogelijkheden van het oxydatieproduct lactobionzuur. Het is een zuur met een zoete smaak: een vrij unieke combinatie van eigenschappen die voor de voedingsmiddelenindustrie van belang lijkt.

### Toekomstperspectief

Met name suiker (sucrose) en melksuiker (lactose) worden op industriële schaal nog niet uitgebreid enzymatisch bewerkt. De toenemende belangstelling voor het gebruik van deze renewables als grondstof van eigen bodem zullen zeker leiden tot verdere exploratie van enzymatische processen. Twee produktsectoren tekenen zich daarbij af.

De eerste is de bereiding van oppervlakte-actieve stoffen op basis van suikers, natuurlijke oliën en vetten. Koppeling van een polaire suiker met een apolaire vетzuurstaart levert een scala aan produkten die erg geschikt zijn voor wasmiddelen en als emulgatoren in voedingsmiddelen. De tweede produktgroep met toekomstperspectieven vormen de calorievrije vetten. Voorzien we suiker van vier tot zes vетzuurstaarten, dan ontstaan vetachtige produkten die prima natuurlijke vetten kunnen vervangen, maar niet door het lichaam worden opgenomen. Of dergelijke biosurfactants en vетsubstituten het beste chemisch dan wel enzymatisch te bereiden zijn, is op dit moment nog punt van onderzoek.

Tenslotte is te verwachten dat combinaties van verschillende enzymen en van enzymen met chemokatalysatoren steeds vaker zullen worden toegepast. Twee mogelijkheden van dergelijke 'combi-processen' zijn ter illustratie weergegeven.

Het enzym glucose-isomerase en een metaalkatalysator zijn in staat in één reactiemengsel uit glucose mannitol te bereiden. Het enzym zet glucose om naar fructose, terwijl de me-

taalkatalysator de gevormde fructose met waterstofgas reduceert tot de zoetstof mannitol. De opbrengst van de reactie is ongeveer 70%, wat een goed resultaat is vergeleken met de slechts 30% opbrengst die zonder gebruik van het enzym uit glucose-fructose mengsels wordt verkregen.

Een ander voorbeeld van een combiproces is de koppeling van een enzymatische oxydatie met een enzymatische reductie. Dit gebeurt vooral omdat het een handige manier is de cofactor van een enzym te regenereren. Een cofactor is meestal een kleiner molecuul dat een enzym de energie levert om een reactie te kunnen uitvoeren. NADH en ATP zijn bekende cofactoren. Nu zijn er enzymatische reacties waarbij NADH tot NAD of ATP tot ADP wordt omgezet, en daarbij energie verliest, maar er zijn ook reacties, met andere enzymen, waarbij ADP en NAD weer worden 'opgeladen' tot ATP en NADH. Zo is er een proces waarin een fructose-glucosestroop door de gelijktijdige werking van twee enzymen wordt omgezet in de produkten mannitol en gluconzuur. Fructose wordt daarbij tot mannitol gereduceerd waarbij NADH wordt verbruikt. Het gevormde NAD raakt in de reactie van glucose tot gluconzuur weer 'opgeladen' tot NADH.

---

### Literatuur

- Lelyveld PH van. Enzymen in de fabriek. Natuur en Techniek 1987; 55: 10, 854-866  
 Antébi E, Fishlock D. Biotechnologie – Een nieuwe industriële revolutie. Maastricht: Natuur en Techniek; 1987  
 Winnacker E-L; Synthetische biologie – De biologie industrialiseert. Natuur en Techniek 1988; 56: 2, 98-110

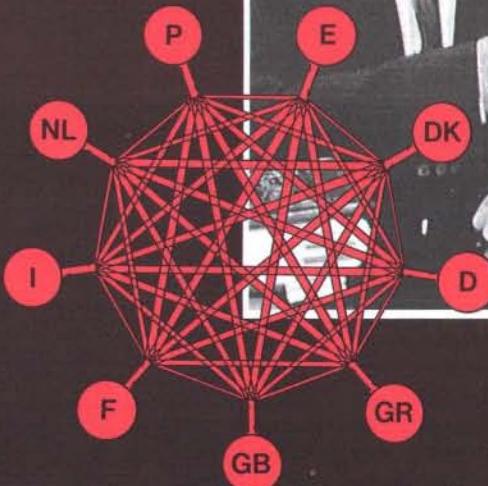
### Bronvermelding illustraties

Wim Köhler, Cadier en Keer: pag 926-927  
 AVEBE, Veendam: 1, 2, 3, 5, 6, 12, 13, 15  
 De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur

Vertalen is noodzakelijk om barrières tussen mensen te slechten. In het internationale verkeer speelt het vertalen dan ook een essentiële rol. Organisaties als de EG hebben grote vertaalafdelingen. Om deze optimaal te laten functioneren is het Eurotra-project gestart, dat er uiteindelijk toe moet leiden dat documenten in één van de negen officiële talen automatisch in de acht andere omgezet worden. Het netwerk van voorzieningen dat daarvoor nodig is, is schematisch afgebeeld in het Eurotra-embleem.

# VER

Het vertalen van een tekst van de ene taal in een andere is veelal mensenwerk. Sinds een aantal jaren worden er echter ook computers voor ingeschakeld. Men spreekt dan van automatisch vertalen. Het ideale vertaalsysteem kan iedere willekeurige tekst in iedere willekeurige andere taal vertalen. Zo'n systeem zou deze tekst kunnen omzetten in een Franse, Engelse of Japanse tekst, zonder dat er een vertaler aan te pas hoeft te komen. Van dat ideaal zijn we nog ver verwijderd, maar de ontwikkeling van prototypen voor vertaalsystemen en het ermee gepaard gaande onderzoek zijn al een eind gevorderd.



# TALEN

F. Van Eynen  
Eurotra  
Katholieke Universiteit  
Leuven



TRANSLATE

ÜBERSETZEN

TRADUIRE

TRADUCIR

ПЕРЕВОДИТЬ

De eerste aanzet tot de ontwikkeling van automatische vertalsystemen werd al in 1949 gegeven door de Amerikaan Warren Weaver in het manifest 'Translation'. Daarin stelde hij dat computers niet alleen geschikt zijn voor wiskundige toepassingen, maar ook voor vertalingen. Een voorwaarde daarvoor is wel dat er precies geformuleerde regels moeten worden gegeven waarmee de bronstaaltekst in de doelstaaltekst kan worden omgezet. Weaver was optimistisch over de mogelijkheid daarvan. Hij baseerde zijn optimisme op het feit dat het tijdens de Tweede Wereldoorlog mogelijk was om geheimtaal met behulp van automaten te ontcijferen, dat wil zeggen om de regels terug te vinden die een gecodeerde boodschap omzetten in de oorspronkelijke boodschap. Weaver redeneerde dat een boek in het Chinees heel goed opgevat zou kunnen worden als een boek in het Engels, gesteld in de Chinese code. De vertaling zou dan neerkomen op het breken van die Chinese code.

Deze opvatting van vertalen als decoderen bleek later niet houdbaar, maar de interesse was gewekt en het duurde niet lang voor de eerste projecten voor automatische vertaling van start gingen.

### Opbouw van een vertalsysteem

Om een idee te geven van hoe een vertalsysteem wordt opgebouwd, nemen we de zin:

*reigers eten vis*

Om die in het Engels te vertalen moeten we weten wat de Engelse equivalenten zijn voor 'reigers', 'eten' en 'vis'. Die informatie vinden we in een vertaalwoordenboek: reigers = herons, eten = eat, vis = fish. Vervolgens zetten we de Engelse woorden in dezelfde volgorde als hun Nederlandse equivalenten en de vertaling is klaar:

*herons eat fish*

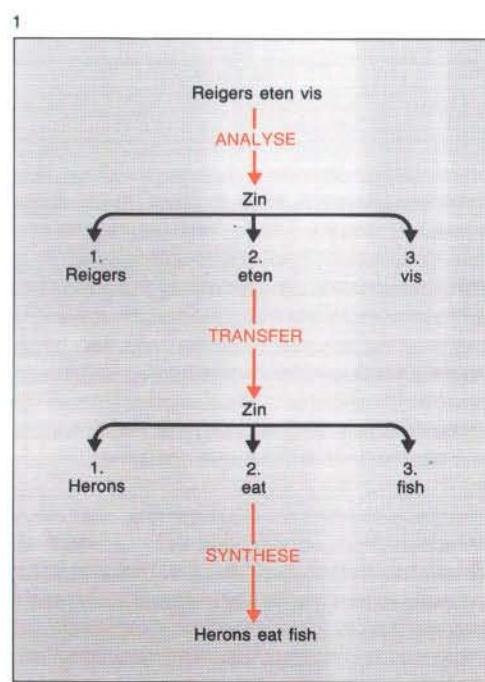
Afbeelding 1 geeft een schema van het vertaalproces. De eerste stap is die van de *analyse*: de zin wordt verdeeld in de woorden waaruit hij bestaat. De woorden krijgen een nummer en worden dan elk afzonderlijk met behoud van nummer in het Engels vertaald. Die stap noemen we *transfer*. In de derde stap, de *synthese*, worden de Engelse equivalenten samengevoegd tot een Engelse zin.

Dit is het basisschema van eender welk systeem voor automatische vertaling. In de volgende paragrafen zullen we zien hoe dat schema concreet wordt ingevuld.

### Morfologische modules

Morfologie in de taalwetenschap is de studie van de woordvorming. Het belang ervan voor de ontwikkeling van vertalsystemen blijkt uit het gegeven: reigers = herons. In het voorgaande zijn we er van uitgegaan dat dat zo in een vertaalwoordenboek is terug te vinden. Dat is allerminst evident. Zo zal je in bestaande vertaalwoordenboeken het woord 'reigers' niet terugvinden als aparte eenheid. Je zult er wel de woordstam 'reiger' vinden, vergezeld van het Engelse equivalent 'heron': reiger = heron.

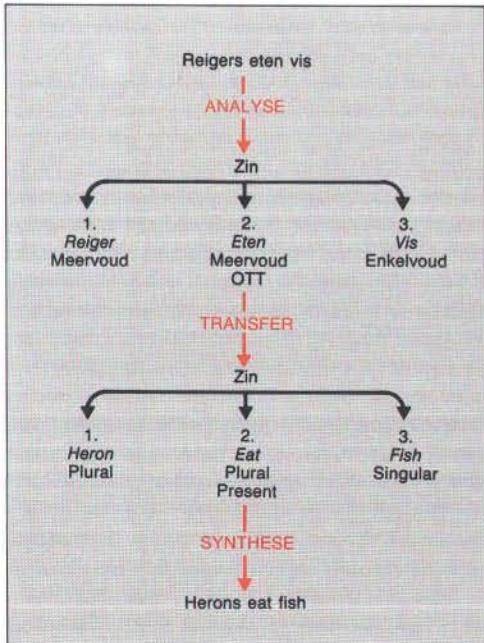
Als we nu een vertalsysteem gebruik willen laten maken van de bestaande woordenboeken, dan zullen we er modules aan moeten toevoegen die het woord 'reigers' herkennen als het meervoud van de woordstam 'reiger'. Ook moeten ze op basis van de woordstam 'heron' de meervoudsvorm 'herons' kunnen afleiden. Die modules worden *morfologische componenten* genoemd (zie afbeelding 2).





3

2



1. Schema van het vertaalproces van een eenvoudige zin. De zin wordt geanalyseerd, de woorden vertaald (transfer) en een doeltaalzin wordt gevormd (synthese).

2. Om de vertaling correct te maken zijn onder andere morfologische modules nodig, die het verband leggen tussen woordvorm, woordstam en vice versa.

3. De Toren van Babel van Pieter Breughel. De bouwers hadden de ambitie een toren te bouwen die tot in de hemel reikte. Het project liep echter uit op een jammerlijke mislukking toen God de arbeiders verschillende talen liet spreken en vertaalfaciliteiten ontbraken.

Deze toevoeging van morfologische modulen maakt een belangrijke vereenvoudiging van de transfermodule mogelijk. Het is niet meer nodig om aparte regels voor alle vormen van 'eten' in het programma op te nemen (eet = eats, eten = eat, at = ate, aten = ate, gegeten = eaten). Het volstaat om één regel voor de basisvorm op te nemen (eten = eat) en er een aantal regels voor de andere bestanddelen aan toe te voegen (enkelvoud = singular, meervoud = plural, OTT = onvoltooid tegenwoordige tijd = present). Van belang is dat die laatste regels niet voor elk zelfstandig naamwoord (substantief) of werkwoord apart vermeld hoeven te worden, maar algemeen geldig zijn. Een gevolg van deze werkwijze is wel dat de synthesemodule slimmer moet worden. Die moet nu niet alleen de woorden op een rijtje zetten, maar ze ook nog vormen: uit de stam 'heron' en het bestanddeel 'plural', moet het woord 'herons' samengesteld worden.

Dit is overigens een algemene tendens bij het ontwerpen van vertaalsystemen: door de ana-

## TAALKUNDE

lyse- en synthesemodules complexer en intelligenter te maken wordt de transferstap vereenvoudigd. Die bedoeling is ook aanwezig bij de invoering van syntactische modules.

### Zinsdeelanalyse

Syntax is de studie van de zinsvorming. Het ontleden van zinnen, zoals we dat op school hebben geleerd, wordt door taalkundigen *syntactische analyse* genoemd. Een zin wordt ontleed in zinsdelen en aan die zinsdelen wordt een functie (onderwerp, lijdend voorwerp) toegekend. Het belang ervan blijkt uit de volgende voorbeelden.

*het schijnt dat reigers vis eten*  
*it seems that herons eat fish*

Merk op dat de woordvolgorde in het Engels verschilt van die in het Nederlands. Het werkwoord staat in het Nederlands op de laatste plaats; in het Engels op de voorlaatste. Nu zou men in de transfermodule een regel kunnen opnemen die de laatste twee woorden gewoon van plaats verwisselt. Dat leidt echter tot ongewenste en onzinnige resultaten, zoals in:

*het schijnt dat reigers veel vis eten*  
*it seems that herons much eat fish*

terwijl het gewenste resultaat

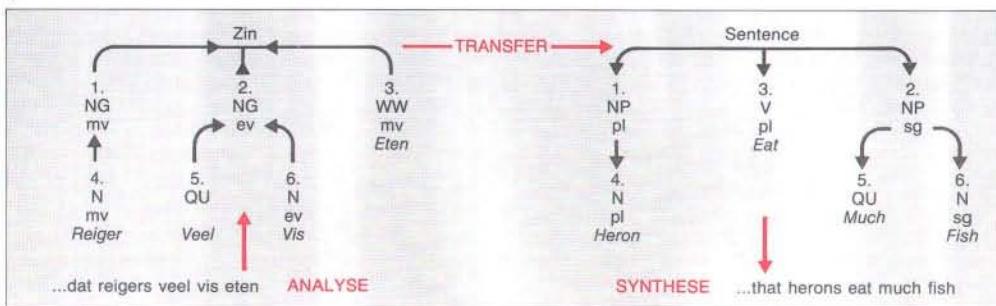
*it seems that herons eat much fish*

is. Uit dit voorbeeld blijkt dat veranderingen in de woordvolgorde beter niet in termen van woorden gedefinieerd worden, maar in termen van zinsdelen. Niet de *woorden* 'fish' en 'eat' veranderen van plaats, maar de *zinsdelen* '(much) fish' en 'eat'.

Om regels in termen van zinsdelen te kunnen formuleren, moeten die laatste natuurlijk wel als zodanig herkend zijn. Daartoe dient de *zinsdeelanalyse*. Voor de bijzin in kwestie ziet die eruit als in afbeelding 4. Daarin zijn van de woorden uit de bijzin cursief de woordstammen gegeven. De opgenomen afkortingen zijn zogenaamde *syntactische kenmerken*; hun betekenis is af te lezen in de tabel onder aan de pagina. Zij voegen aan de morfologische analyse van de woorden ook informatie over de structuur van de zin toe.

De transfermodule bevat nu niet alleen een vertaalwoordenboek, maar ook een regel die het werkwoord van de laatste plaats naar de tweede plaats in de bijzin brengt. In dit voorbeeld staat het zinsdeel 'eten' op de derde plaats in de bijzin, maar de verplaatsing van zinsdelen kan over grotere afstanden gebeuren, zoals in:

4



TABEL Syntactische representaties

Nederlands	English
Z = zin	S = sentence
NG = nominale groep	NP = noun phrase
N = nomen (zelfst. nw.)	N = noun
WW = werkwoord	V = verb
QU = quantor	QU = quantifier
mv = meervoud	pl = plural
ev = enkelvoud	sg = singular

- Bij automatische vertaling wordt gewoonlijk niet uitgegaan van woorden, maar van zinsdelen. Het systeem moet dus eerst de zin ontleden.
- De misvatting dat vertalen een vereerde vorm van decoderen is en daaroor gemakkelijk te automatiseren, werd mede ingegeven door het bestaan van codeer- en decodeerapparaten, waar mee een willekeurige tekst in een randomcode kon worden omgezet; het omgekeerde kon ook.
- Aan de te onderscheiden zinsdelen moet een functie worden toegekend, om hun onderlinge relatie in de zin aan te duiden.

...dat reigers veel vis aan hun jongen geven  
 1      2      3      4  
 ...that herons give much fish to their young  
 1      4      2      3

en in:

...dat hij langzaam naar de brug wandelde  
 1      2      3      4  
 ...that he walked slowly to the bridge  
 1      4      2      3

Ook in deze gevallen biedt de algemene regel het gewenste resultaat, als hij in termen van zinsdelen en niet in termen van woorden wordt geformuleerd.

Daarmee zijn nog niet alle problemen van de baan:

wie hebben jullie gezien?  
 wie heeft jullie gezien?

Beide zinnen vertonen dezelfde zinsdeelstructuur: 1. NG, 2. WW, 3. NG, 4. WW (zie tabel). Bij vertaling naar het Engels kan in de eerste zin de woordvolgorde bewaard blijven, terwijl dat bij de tweede zin niet kan:

who(m) have you seen?  
 1      2      3      4  
 who      has      seen      you?  
 1      2      4      3

Dit verschil heeft te maken met het feit dat 'jullie/you' in de eerste zin onderwerp is en in de tweede lijdend voorwerp. Die informatie is echter niet aanwezig in de gewone zinsdeelstructuur. Hij kan er wel uit afgeleid worden, want in het Nederlands moeten onderwerp en vervoegd werkwoord overeenstemmen. Aangezien 'hebben' en 'jullie' beide meervoudsvormen zijn en 'heeft' en 'wie' enkelvoudsvormen, kan het onderwerp in de twee Nederlandse zinnen gemakkelijk gevonden worden. Deze informatie moet in de analysemodule tot uitdrukking komen en dat gebeurt in de vorm van *relationele structuren* (afb. 5).

De term GOV in afbeelding 5 staat voor *governor*; het is de kern van een constructie en heeft als dusdanig een aantal bepalingen, in dit geval een onderwerp (OBJect) en een lijdend voorwerp (SUBject). VTT staat voor voltooid tegenwoordige tijd.

Een aardig neveneffect van de toekenning van relationele structuren aan zinnen is dat de volgorde van de zinsdelen er niet meer toe doet. Die is natuurlijk wel relevant op het niveau van de zin – 'katten eten muizen' betekent iets anders dan 'muizen eten katten' – maar op het niveau van de relationele structuur – dat is dus het abstracte representatienniveau – is ze niet meer relevant omdat het ver-



schil tussen onderwerp en lijdend voorwerp er niet meer uit de woordvolgorde blijkt, maar in de structuur zelf is vastgelegd. In plaats van de zinsdelen precies zo te ordenen als in dezin zelf, kan men in de relationele structuren een uniforme volgorde vastleggen: de governor voorop, gevolgd door het subject, het object, het meewerkend voorwerp, de bijwoordelijke bepalingen enzovoort. Die volgorde hoeft in transfer niet veranderd te worden en het is vervolgens aan de synthesemodule om de zinsdelen in de juiste volgorde te plaatsen. Ook hier zien we weer de trend naar het vereenvoudigen van de transferstap door het intelligenter maken van de analyse- en synthesestappen. Het resulterende vertaalmodel is weergegeven in afbeelding 9.

### Twee generaties

In de relatief korte geschiedenis van de automatische vertaling kan men twee generaties van systemen onderscheiden.

De systemen van de eerste generatie worden gekenmerkt door de quasi-afwezigheid van analyse en synthese. Brontaalzinnen worden rechtstreeks en woord-voor-woord op doeltaalzinnen afgebeeld. Waar dat tot problemen leidt in verband met de woordvolgorde, worden die *ad hoc* opgelost, bijvoorbeeld door regels die de volgorde van twee woorden omkeren. Een tweede kenmerk van die systemen is het gebruik van programmeertalen die nauw aansluiten bij de machinetaal en minder geschikt zijn voor de formulering van taalkundige regels. Dat was geen bewuste keuze: men moest roeien met de riemen die men toen – de jaren vijftig – had en dat waren nu eenmaal programmeertalen die meer geschikt zijn voor wiskundige bewerkingen dan voor taalkundige toepassingen.

Het eerste kenmerk, de afwezigheid van taalkundige analyse, was een rechtstreeks gevolg van de onderschatting van het vertaalprobleem. De opvatting dat vertalen een veredelde vorm van decoderen is mag dan een inspirerende metafoor geweest zijn, als uitgangspunt voor de constructie van grotere vertaalsystemen is zij ongeschikt gebleken. De relatie tussen ‘het regent’ en ‘neiger teh’ bijvoorbeeld, is van een heel andere aard dan die tussen ‘het regent’ en ‘il pleut’. Bovendien leverde de woord-voor-woord vertaling van deze syste-



7

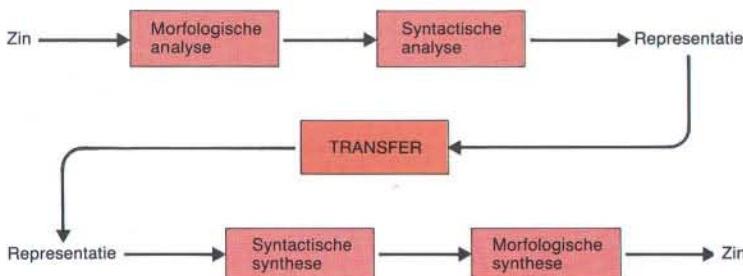
men curieuze constructies op. Bekend is dat één systeem het Franse ‘nous avions’ (wij hadden) placht te vertalen met ‘wij vliegtuigen’.

Naarmate deze gebreken steeds duidelijker werden, ging het onderzoek een andere weg op. Van de ontwikkeling van grootschalige woord-voor-woord vertalers schakelde men over op de ontwikkeling van taalkundige modellen, die een principiële aanpak van de vertaalproblemen mogelijk moesten maken. In de praktijk heeft dit onderzoek geleid tot de toevoeging van analyse- en synthesemodules aan het abstracte vertaalmodel. De eenheid van vertaling was niet langer het woord, maar de geanalyseerde zin. Voor de analyse en synthese van die zinnen werden modellen gehanteerd uit de theoretische taalkunde.

Die belangstelling voor de taalkunde had een dubbele oorzaak. Naast het besef dat men



8



9

zonder taalkundige analyse geen echte voordeelingen kon maken, was er ook de trend in de taalkunde van die dagen, om taalregels steeds meer geformaliseerd en wiskundig te benaderen. Vooral onder invloed van de Amerikaanse taalkundige Noam Chomsky kreeg de studie van de wiskundige eigenschappen van syntactische theorieën grote aandacht, ook van taalkundigen. Tegelijkertijd en onafhankelijk daarvan deden zich in de computerwetenschap nieuwe ontwikkelingen voor die leidden tot de creatie van 'hogere' programmeertalen. Dat zijn talen die minder nauw aansluiten bij de machinetaal, flexibeler zijn in het gebruik en een geschikter kader bieden voor de formulering van taalkundige regels. Voorbeelden van dit soort talen zijn ALGOL, PASCAL, LISP en PROLOG. Het duurde dan ook niet lang voor ze gebruikt werden bij de ontwikkeling

van vertaalsystemen. Beide tendensen – het gebruik van nieuwe taalkundige theorieën en van hogere programmeertalen – zijn kenmerkend voor systemen van de tweede generatie.

### Paarden en paarden

De vraag rijst of systemen van de tweede generatie voldoende geavanceerd zijn om alle vertaalproblemen aan te kunnen. Het antwoord is neen, zoals blijkt uit de volgende voorbeelden:

*paarden zijn verstandige dieren*

*paarden zijn de enige stukken die over andere stukken mogen springen*

In de eerste zin gaat het over warmbloedige viervoeters, 'horses' in het Engels; in de tweede over schaakstukken, 'knights' in het Engels. Bij de vertaling van deze zinnen doet zich

7. Taal is meer dan een code. Deze Chinese tekst op een sterrenkaart uit circa 950 kan niet opgevat worden als een Engelse tekst, uitgedrukt in Chinese karakters.

8. Een blik op een bord in een willekeurig station leert dat sommige symbolische codes voor iedereen, ongeacht de moedertaal, te begrijpen zijn. Dat laatste kan zelfs gelden voor woorden, zoals op dit bord het niet-Nederlandse woord 'change'.

9. Bij de ontwikkeling van vertaalsystemen wordt er naar gestreefd om de analyse van de brontaal en de synthese van de doeltaal, door het invoeren van morfologische syntactische en andere modules, zo intelligent mogelijk aan te pakken, waardoor de transferstep eenvoudiger gemaakt kan worden.

een keuzeprobleem voor en om dat op te lossen heeft men niet genoeg aan de informatie die vervat is in morfologische en syntactische representaties. In beide zinnen is 'paard' een zelfstandig naamwoord dat gebruikt is als kern van een nominale groep, die de functie heeft van onderwerp, maar met ons keuzeprobleem helpt ons dat niet verder. Er moeten in de eerste plaats twee verschillende betekenis van het woord 'paard' onderscheiden worden en, ten tweede, moeten er regels geformuleerd worden om in concrete gevallen te kunnen uitmaken met welk soort 'paard' men te maken heeft. Pas dan kan de computer kiezen tussen 'horse' en 'knight'.

Een gelijksoortig probleem doet zich voor bij de vertaling van de volgende zinnen:

*wij zijn vandaag naar Brussel gegaan  
wij zijn vorige week naar Brussel gegaan*

In het eerste geval wordt de Nederlandse voltooid tegenwoordige tijd een Engelse Present Perfect:

*we have gone to Brussels today*

In het tweede geval moet dezelfde tijd met een Simple Past vertaald worden:

*we went to Brussels last week*

Dit keuzeprobleem kan alleen opgelost worden als men naast de vorm en structuur van de zinnen ook hun betekenis gaat ontleden. In de taalkunde noemt men de studie van zins- en woordbetekenissen de *semantiek*.

In de wereld van het automatisch vertalen bestaan nog maar weinig voorbeelden van een systematische semantische analyse, maar het belang ervan wordt steeds meer onderkend. Zo bevatten de meeste in ontwikkeling zijnde systemen al een aantal eenvoudige semantische kenmerken, die het bijvoorbeeld mogelijk maken om de twee betekenissen van het woord 'paard' te onderscheiden.

Een ander type problemen heeft te maken met fenomenen die het niveau van de zin overstijgen. Een goed voorbeeld zijn de relaties tussen voornaamwoorden en hun antecedenten, zoals in:

*the soldiers shot the women  
I saw several of them fall*

Voor een juiste vertaling van 'them' in het Frans moet de automaat weten of dat op de

## — Automatische ontleding —

Hoe worden de morfologische en syntactische structuren die in de tekst als illustratie zijn gegeven, door de vertaalmachine gevormd?. Daarvoor zijn in de loop der jaren verschillende technieken ontwikkeld, waarvan ik hier de *bottom-up* techniek kort wil bespreken. Deze manier van ontleden gaat uit van de woorden die in een zin voorkomen en zoekt die woorden op in het woordenboek van het systeem. Voor de zin 'reigers eten vis' vindt de computer in het woordenboek onder meer de volgende informatie:

reigers	:stam = reiger
	getal = meervoud (mv)
	categorie = substantief (N)
eten	:stam = eten
	getal = meervoud (mv)
	categorie = werkwoord (WW)
	tijd = onvoltooid tegenwoordige tijd (OTT)
vis	:stam = vis
	getal = enkelvoud (ev)
	categorie = substantief (N)

De woorden in de zin worden dan vervangen door de informatie die er in het woordenboek over terug te vinden is. Het resultaat is een rijtje woorden dat morfologisch ontleed is en waaraan categorieën toegekend zijn.

Voor de toekenning van syntactische structuren heeft men naast een woordenboek ook een grammatica nodig. Voor een ontleding van bovenstaande zin heeft men genoeg aan een grammatica van twee re-

## — INTERMEZZO —

'soldiers' of op de 'women' betrekking heeft. Uit de tweede zin blijkt dat niet, wel uit de tekst als geheel. Een ideale vertaalautomaat zal dus ook een module voor de analyse van teksten moeten bevatten.

### Heden en toekomst

Anno 1988 vertoont het wereldje van de geautomatiseerde vertaling een gediversifieerde aanblik. Jonathan Slocum onderscheidde in 1985 drie soorten vertalsystemen, die ongeveer parallel lopen aan de generaties die eerder besproken zijn.

De eerste zijn de produktiesystemen. Deze zijn al op de markt en behoren in het algemeen tot de eerste generatie. Ondanks hun gebreken

gels. De eerste verzorgt de vorming van nominale groepen (NG) en kan als volgt geformuleerd worden:

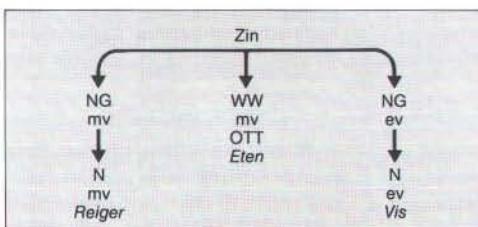
[cat = NG, getal = X  
([cat = N, getal = X, stam = Y])]

Deze regel bewerkt dat er bij elk voorkomen van een substantief (zelfstandig naamwoord) met een bepaald getal (X) en een gegeven stam (Y) een structuur gevormd wordt van de categorie 'nominale groep' die hetzelfde getal heeft als het substantief. Toegepast op 'reigers' levert dat de volgende structuur op:

[cat = NG, getal = mv  
([cat = N, getal = mv, stam = reiger])]

Toegepast op 'vis' vormt hij:

[cat = NG, getal = ev  
([cat = N, getal = ev, stam = vis])]



werken ze vaak kostenbesparend, omdat ze het (menselijke) vertalers mogelijk maken om sneller, efficiënter en accurater te werken.

De tweede soort zijn de ontwikkelingssystemen. Die behoren in het algemeen tot de tweede generatie en komen in de jaren negentig op de markt. Eurotra is een voorbeeld van een dergelijk systeem.

De derde soort zijn de onderzoeksystemen. Die zijn niet onmiddellijk bedoeld voor grootschalige productie van vertalingen, maar dienen als experimenteel model voor nieuwe computationele technieken en bijvoorbeeld systematische semantische analyse. Voorbeelden zijn Rosetta, enkele Japanse systemen en meer geavanceerde onderdelen van Eurotra.

De tweede regel creëert zinsstructuren (Z) en ziet er als volgt uit:

[cat = Z  
([cat = NG, getal = X]  
[cat = WW, getal = X, stam = Y, tijd = T]  
[cat = NG, getal = U])]

Bij elke opeenvolging van een nominale groep, een werkwoord en een nominale groep wordt een structuur gevormd van categorie Z (zin), waarbij de reeds bekende informatie over de nominale groepen en het werkwoord gekopieerd wordt. Toegepast op het reeds gedeeltelijk ontdekte 'reigers eten vis' ontstaat:

[cat = Z  
([cat = NG, getal = mv  
([cat = N, getal = mv, stam = reiger])]  
[cat = WW, getal = mv, stam = eten, tijd = OTT]  
[cat = NG, getal = ev  
([cat = N, getal = ev, stam = vis]))])

Deze haakjesstructuur kan ook in een boomschema omgezet worden, zoals in afbeelding I-1. Als men vervolgens de knopen in de boom ook een nummer geeft, krijgt men structuren van het soort dat in de tekst gebruikt is. De term 'bottom up' voor deze structuren heeft betrekking op de opbouw van de bomen 'van onderaf': men begint bij de woorden en bouwt geleidelijk de structuur erboven op.

#### Literatuur

- Neijt A, Hoekstra H. Vertalen per computer. *De Gids* 1986; 149; 7, 610-620.  
Slocum J. A survey of machine translation. *Computational linguistics* 1985; 11; 1, 1-17.  
Van Eynde F. Automatische vertaling - een overzicht van veertig jaar onderzoek en een blik in de toekomst. *Linguistica Antverpiensia* 1986; XX; 151-204.  
Weaver W. Translation. In: Locke & Booth (eds.) *Machine translation of languages*. New York: John Wiley & Sons, 1949.

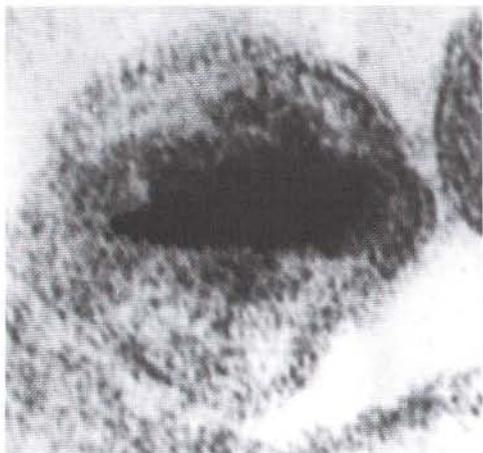
#### Bronvermelding illustraties

- ABC-press, Amsterdam: pag 936-937.  
Pieter Breughel/Museum Boymans-van Beuningen, Rotterdam: 3.  
British Library, London: 7.  
Huup Dassen, De Heeg: 8.

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

### Tegen de stroom in

Simon Rozendaal



De eerste elektronenmicroscopische foto's van het HIV, toch echt de verwekker van AIDS  
(Foto's: Robert Gallo).

Peter Duesberg is hoogleraar molekulaire biologie in Berkeley, Californië. Daarnaast is hij eenzaam. De Amerikaan beweert namelijk dat het AIDS-virus *niet* de oorzaak is van AIDS. Daarmee zegt hij eigenlijk dat de rest van de biowetenschappelijke gemeenschap getikt is. Natuurlijk is het *semantisch* al onmogelijk dat het AIDS-virus geen AIDS zou veroorzaken: er is geen twijfel dat deze veelbesproken en dodelijke aantasting van het afweerstelsel tegen infectieziekten wordt veroorzaakt door een AIDS-virus. Waar het natuurlijk om gaat, dat is of het

AIDS-virus hetzelfde is als het virus HIV: *human immunodeficiency virus*. Duesberg vecht dit aan. In 1987 schreef hij een artikel in het blad *Cancer Research* waarin hij voor het eerst deze uiterst provocerende stelling onderbouwde. Het zwijgen van de officiële wetenschap was in eerste instantie oorverdovend en Duesberg schakelde geprickteld naar een hogere versnelling. Hij schreef een artikel in het veelgelezen Engelse blad *New Scientist* (laatste zin: "geloven dat HIV AIDS veroorzaakt is in wonderen geloven"), reisde de wereld rond om zijn bood-

schap uit te dragen en beweerde bereid te zijn zich *pour besoin de la cause* met het HIV te injecteren. Alsof hij zijn collega's nog niet genoeg had gejeng voegde hij er aan toe dat het wel zuiver HIV-virus moet zijn: "Ik zou niet willen dat het uit Gallo's lab kwam." Daarmee sneerde hij naar één van de pausen van het AIDS-onderzoek, de Amerikaan Robert Gallo. In diens laboratorium zijn wel eens een paar *kweekjes* (al of niet opzettelijk) verwisseld, wat tot een aanzienlijke ruzie met de Franse onderzoekers onder Luc Montagnier plus gezichts-

verlies voor Gallo leidde. Duesberg heeft nogal wat aandacht getrokken. Juist omdat hij in eerste instantie doodgezwegen werd door zijn verbouwende collega's, trad het *underdog*-effect in werking. Veel homoseksuelen in de VS wilden bovenend Duesberg maar al te graag geloven. In kringen van homoseksuelen ergert men zich steeds meer aan de officiële AIDS-wetenschap: niet alleen komen de wetenschapsmensen nog steeds niet met een goed geneesmiddel (alleen het sterk giftige AZT) of met een vaccin, maar ze houden met hun bureaucratische maatregelen de introductie van potentiële geneesmiddelen zelfs tegen, zo hoort men uit die kringen.

Vooral het dubbelblinde onderzoek dat standaard is bij de test van elk nieuw geneesmiddel en dus ook in dit geval – en waarbij de helft van de patiënten zonder het te weten een nep-middel (*placebo*) krijgt toegediend – wekt de ergernis op van de Amerikaanse homo's. Er verrijzen de laatste tijd dat ook zelfs door homoseksuelen bekostigde privé-fondsen voor het verrichten van AIDS-onderzoek (zonder placebo's natuurlijk).

In die situatie krijgt een wetenschapsman die het over het *HIV-establishment* heeft, vanzelfsprekend veel aandacht. Er is in de VS dan ook in tal van publieksmedia over Duesberg bericht. Een documentaire over Duesberg (*AIDS: The unheard voices*) van de Engelse Channel Four Television heeft zelfs een prestigieuze tv-prijs in Engeland gewonnen. Een journalist kan er dus eer mee in leggen om over *deze leproos van de wetenschappelijke gemeenschap* (zijn collega en vriend Harry Rubin) te schrijven.



**HIV-ontdekker Luc Montagnier in zijn laboratorium**  
(Foto: Institut Pasteur).

### Een horzel

Voor zover er in de wetenschap absolute zekerheid bestaat (niet dus), kan worden gesteld dat Duesberg het zo goed als zeker bij het foute eind heeft. Formeel heeft hij gelijk als hij zegt dat niet aan *Kochs postulaten* is voldaan. Daarmee verwijst hij naar een aantal afspraken die aan het begin van deze eeuw zijn gemaakt om de relatie tussen een ziekte en de verwekker daarvan vast te stellen. Maar dat is pietluttig: de hoeveelheid bewijsmateriaal die uit verschillende disciplines is aangedragen is te groot om twijfel te laten bestaan. Interessanter eigenlijk dan de vraag waarom Duesberg geen gelijk heeft, is de horzelfunctie die hij voor zijn collega's heeft. Vreemd genoeg blijkt die door een aantal prominenten AIDS-onderzoekers heel wat meer op prijs te worden gesteld dan zijn stellingname zelf.

Peter Bentvelzen van TNO

(de enige Nederlandse AIDS-onderzoeker – naast Jaap Goudsmit natuurlijk – van wie Bob Gallo vraagt: hoe is het met hem?): "Natuurlijk geloof ik wel dat HIV AIDS veroorzaakt, maar toch heeft Duesberg een belangrijk probleem aangekaart." Zijn collega bij TNO, Huub Schellekens: "Er is heel veel *circumstantial evidence* tegen HIV, maar toch is het niet helemaal flauwkeul wat Duesberg zegt". En Simon Wain-Hobson, de Engelsman die in Parijs werkt en algemeen wordt gezien als de rijzende ster van het AIDS-onderzoek: "We hadden Duesberg nooit dood moeten zwijgen. Hij verdiende een duidelijk antwoord."

Inhoudelijk zijn inmiddels al enkele van Duesbergs argumenten achterhaald. Zo wees hij er op dat het toch wel heel raar was dat HIV bij heel veel AIDS-patiënten en seropositieven niet kon worden geïsoleerd en gekweekt. Dat is niet meer waar: men heeft erva-

ring gekregen in het kweken van dit gecompliceerde virus en bij vrijwel iedereen die het virus draagt, kan het worden aangetoond.

Nog steeds overeind staat echter de kern van Duesbergs argumenten: hoe is het in vredesnaam mogelijk dat een virus dat via de aantasting van bepaalde afweercellen (de T4-cellen) zou werken, in AIDS-patiënten slechts bij één op de tien- à honderdduizend van deze cellen kan worden aangetoond.

Daarmee heeft Peter Duesberg de vinger op een zere plek gelegd. Een paar jaar geleden leek AIDS immers een betrekkelijk simpele ziekte. Enerzijds was er het HIV-virus dat in de reageerbuis in staat bleek om een bepaalde categorie witte bloedcellen, de T4-helpercellen, binnen enkele dagen ten gronde te richten. Anderzijds was er de ziekte AIDS waarbij in een terminaal stadium sprake was van een uitputting van dezelfde cellen in het bloed van een zieke. Niets lag meer voor de hand dan de correlatie tot causaliteit te bestempelen. Helaas, dat beeld is inmiddels wijlen. Juist de door Duesberg aangehaalde constatering dat slechts één op de tien- à honderdduizend bewuste cellen ook werkelijk een virus herbergt, heeft dit rechtlijnige model ondergraven. Internationaal heeft men inmiddels geaccepteerd dat er een andere verklaring moet komen voor de manier waarop het AIDS-virus een mens sloop. Overeenstemming is hier echter niet.

Het zou kunnen zijn dat het virus zich op andere cellen richt dan de T4-helpercellen (dat is inmiddels zeker), het zou ook kunnen dat een cel niet per se een virus hoeft te herbergen om toch dood te gaan (ook dat kan bij het

Duesberg heeft naam als kankeronderzoeker.  
Kuikens zijn zijn belangrijkste proefdieren.



AIDS-virus) en het kan tenslotte theoretisch ook zijn, dat een zo klein percentage besmette cellen voldoende is om langzaam maar zeker het hele afweerstelsel te vernietigen.

Waar Duesberg ook een punt scoort, is met zijn vraag *waarom* het AIDS-virus eigenlijk de mens doodt. Het wezenlijke kenmerk van een virus (en zeker van de familie virussen waartoe HIV behoort: de *retrovirussen*) is immers dat het een gastheer nodig heeft om zichzelf in voort te planten. Vanuit de optiek van het virus is het dus allesbehalve 'verstandig' om die gastheer te doden. Ideaal is het virus dat een gastheer kan besmetten en zo min mogelijk symptomen veroorzaakt. Dan heeft het beestje (volgens orthodoxe biologen: het dingetje) alle ruimte.



Interessant is dat ook de AIDS-onderzoekers die Duesberg verketteren een tikje met dit probleem in hun maag zitten. De conclusie die de meesten van hen trekken is dat de huidige agressiviteit van het virus maar tijdelijk is. Op een gegeven moment zal het virus uit zichzelf omschakelen naar een minder genepige vorm, omdat dat voor het virus meer overlevingskansen biedt. Huub Schellekens van TNO zit bijvoorbeeld op deze lijn. Hij verwijst naar het *myxomatose*-virus dat in het verleden onder konijnen een ware slachting aanrichtte en waar op een gegeven moment ook een verzwakking van het virus optrad. Vertaald naar mensen zou Schellekens' redenering er op neer komen dat op een gegeven moment de hoeveelheid potentiële slachtoffers van het virus (in het Westen vooral homo's en junks) zal afnemen — doodeenvoudig

omdat ze uitsterven door AIDS, dan wel hun gedrag veranderen. Dan zal er automatisch een minder agressief virus ontstaan.

### ■ De noodzaak van kritiek ■

De affaire Peter Duesberg is ook vanuit een iets andere optiek interessant. Immers, de wetenschap is juist zeer geduld met mensen die een afwijkende opvatting hebben. Dat dwingt hun collega's tot een houding van: 'ja, dat zeg ik nu wel, maar klopt het eigenlijk?'

Kritiek is een wezenlijk onderdeel van het wetenschappelijk proces. Daarom ook was het zo dom dat de wetenschappelijke gemeenschap in eerste instantie de kritiek van Duesberg negeerde. Kritiek is in de wetenschap geen reden om geïrriteerd de schouders op te halen maar juist een uitdaging om nog beter na te den-

ken en te formuleren waarom die kritiek niet klopt.

Overigens is de wetenschappelijke gemeenschap een jaar na de kritiek van Duesberg wel in beweging gekomen. Zowel in de *New Scientist* als in *Science* hebben AIDS-onderzoekers van naam (Jonathan Weber, Blattner, Bob Gallo en Howard Temin) Duesberg op een dusdanige wijze geantwoord dat de enig mogelijke conclusie in de Duesberg-affaire is: zijn conclusie dat AIDS niet door HIV wordt veroorzaakt, klopt niet, sommige van zijn argumenten rammelen, maar zo her en der betrapt hij zijn collega's toch op slordig denken.

Eén belangrijk argument van Duesberg tenslotte is dat de druk die er vanuit de maatschappij op AIDS-onderzoekers wordt uitgeoefend om snel met een oplossing voor de ziekte te komen, plus de carrière-mogelijkheden die dit onooglijke virusje een driftig publicerende onderzoeker biedt, wel eens tot een verslapping van de kwaliteitseisen kunnen leiden.

Ook dit zijn veel AIDS-onderzoekers met Peter Duesberg eens. Even los van de conclusies waar beide partijen diametraal tegenover elkaar staan, wat voor verschil zit er immers in de twee volgende citaten?

Peter Duesberg (in de *New Scientist*): "In de opwinding om de oorzaak van AIDS te vinden, hebben de virologen onvoldoende tijd geschenken aan een grondige analyse van de redenen om HIV als schuldige aan te wijzen." En Jaap Goudsmit: "In de ijver om tot publikaties te komen zijn er de afgelopen jaren veel artikelen over AIDS gepubliceerd die eigenlijk de toets der kritiek niet kunnen doorstaan."

**Robert Gallo,**  
mede-ontdekker  
van HIV, heeft de  
sterkste argumen-  
ten: HIV veroor-  
zaakt AIDS  
(ANP-foto).



Joost van Kasteren

# de NIEUWE televisie

High Definition Television (HDTV) heeft de laatste jaren tot heel wat stormen aanleiding gegeven. Het is dat ze zo beleefd zijn, want anders hadden de Japanners in mei 1986 in het Joegoslavische Dubrovnik wel flink met de deuren geslagen.

Na een aanvankelijk enthousiasme voor het in Japan ontwikkelde systeem – *HiVision* genaamd – besloten de Europese landen om het systeem van NHK (Nippon Hoso Kyōkai, zeg maar de Japanse NOS of BRT), niet te accepteren. In plaats daarvan zetten zij zich, onder aanvoering van Philips, Thomson/CSF, Robert Bosch en Thorn-EMI, aan de ontwikkeling van een Europese variant voor high definition televisie; *HD-MAC* genaamd.

*MAC* staat voor *Multiplexed Analogue Components*, een systeem om TV-beelden in 'elektronische' pakketjes over te seinen. Het systeem is ontwikkeld in Groot-Brittannië en wordt nu omgebouwd voor HDTV in het kader van het Europese technologie-programma Eureka.

De Europese HD-MAC variant werd twee maanden geleden in Brighton voor het eerst aan de wereld getoond. Met een HDTV-camera opgenomen beelden van het strand van deze eens zo glorieuze badplaats werden via een satelliet doorgestraald naar het Brighton-paviljoen. Vol trots vertelde Philipsman P.W. Bögels, directeur van het Eure-

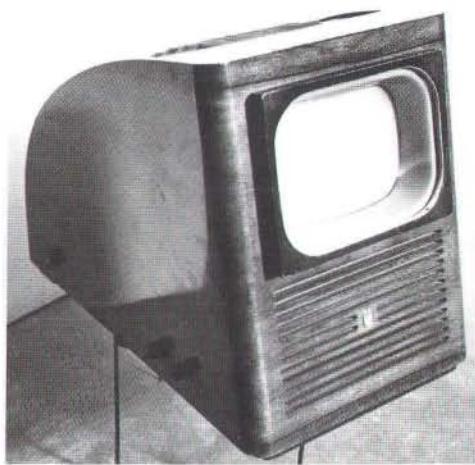


ka-programma, dat het nu de Japanners waren die kwamen kijken.

Enige reden tot trots had hij wel. De Japanners zijn al vanaf 1965 bezig met de ontwikkeling van HDTV. In West-Europa hoopt men binnen vier jaar een variant te hebben ontwikkeld. In 1990 zal men beslissen welke variant de wereldstandaard zal worden, als die er komt.

Wanneer er een wereldstandaard komt voor HDTV – dat is nog lang niet zeker – dan zullen de Verenigde Sta-

ten daarin een belangrijke rol spelen. Zelf een 'high def' variant ontwikkelen doen ze niet, omdat er in de VS nauwelijks nog een industrie is voor elektronische consumertengoederen. Hun keuze tussen het Japanse en Westeuropese systeem zal echter in belangrijke mate een toekomstige wereldstandaard bepalen. Volgens eenwoordvoerder van Philips hebben de VS in principe al een keus gemaakt voor de Europese versie. Men wil daar namelijk een systeem dat aansluit op de huidige ge-



De beeldkwaliteit van het eerste zwartwitmodel uit 1948 kan uiteraard niet tippen aan die van de HDTV. Bij perfect geluid ben je echt in de herrie van de Amsterdamse Raadhuisstraat (Foto: Philips).

---

## Wie zit er op betere TV-beelden te wachten?

---

neratie TV-systemen. Het Japanse systeem van HiVision is zo anders dat men bij introductie alle bestaande TV-toestellen, studioapparatuur en steunzenders moet weggooien. Het Europees systeem is evolutionair. Via een tussen generatie kan er een naadloze overgang naar HDTV worden gerealiseerd.

### Een omvormer

TV-fabrikanten in West Europa en Japan zijn bezig met de ontwikkeling van de

ze ‘tussengeneratie’ nieuwe TV’s. Met behulp van digitale technieken probeert men het fletse, flikkerende en onscherpe beeld van de bestaande TV-ontvangers op te poetsen binnen het bestaande kader van 625 lijnen en – in West-Europa althans – 50 Hz. Het belangrijkste verschil met de huidige generatie is dat dank zij digitale technieken beelden kunnen worden opgeslagen. Dat biedt de mogelijkheid om overgezonden beelden op een betere manier in het toestel samen te voegen tot een com

plete en scherp beeld. Daarnaast is het mogelijk om naar verschillende zenders tegelijk te kijken (*picture in picture*) of om het beeld stil te zetten. In Japan ontwikkelt men *Extended Definition TV* (EDTV), een systeem dat overigens niet of tegen hoge kosten aangepast kan worden aan het Japanse systeem voor ‘high definition’. In Europa komt binnen niet al te lange tijd D2-MAC op de markt. Dezelfde snufjes als het Japanse EDTV, maar met een belangrijk pluspunt. Mensen die volgend jaar een D2 MAC aanschaffen hoeven hem niet weg te gooien als halverwege de jaren negentig programma’s uitgezonden gaan worden in HD-MAC. De consument hoeft slechts een omvormer te kopen, net als indertijd bij de introductie van Nederland 2.

### Films zonder balken

High Definition televisie moet na de introductie van de zwartwit-TV en de kleuren TV een nieuwe doorbraak vormen in het televisiekijken. Als het toestel nog niet is aangeschakeld is het meest opvallende verschil met de huidige ontvangers het beeldformaat. Niet alleen is het groter, ook de verhouding tussen breedte en hoogte van het beeld verandert. Nu is de beeldverhouding 4:3, bij HDTV wordt dat 5:3. Dat betekent bijvoorbeeld dat speelfilms in hun volle glorie bekijken kunnen worden, zonder dat er aan de zijkanten wat van het beeld is afgehaald, of dat er van die vreemde zwarte balken boven en onder in beeld verschijnen.

De beeldlijnen waaruit het beeld wordt opgebouwd zijn 25% langer. Daarnaast telt het TV-beeld ook meer lijnen. Momenteel hebben de Euro-

pese TV-systemen PAL en SECAM 625 lijnen. In de Verenigde Staten en Japan (NTSC) wordt het beeld opgebouwd uit 525 lijnen. De beeldkwaliteit van Amerikaanse TV's is voor onze verwende ogen dan ook bedroevend.

Bij HDTV is het de bedoeling dat het beeld wordt opgebouwd uit 1125 lijnen (Japan) of 1250 lijnen (Europa). Dat betekent dat de informatiedichtheid van het TV-beeld vijfmaal zo groot is. Volgens het theorema van Nyquist betekent dit ook dat een dergelijk TV-beeld vijfmaal meer ruimte nodig heeft in de kabel dan wel in de ether. Hoewel er wel trucjes zijn om de zogeheten bandbreedte te verkleinen, lijkt het er wel op dat de satelliet de eerste kandidaat is om de HDTV-beelden via een schotelantenne de huiskamer in te brengen.

#### Waarom?

De 1250 (Europa) respectievelijk 1125 (Japan) lijnen zorgen, samen met MAC, de transmissietechniek, en MUSE (de Japanse variant) voor een bijzonder scherp beeld. Zelfs dicht bij het scherm zijn geen beeldpunten meer te onderscheiden. Moeten we nu nog op een meter of drie van het toestel af zitten (afhankelijk van de beeldhoogte), bij een dergelijke hoge resolutie kunnen we er bijna in kruijen. Digitale technieken zorgen er verder voor dat de randonscherpte is verdwenen, terwijl ook de bewegingsonscherpte (de kleur van het shirtje van de voetballer zweeft achter hem aan door het beeld) verdwijnt. Prachtig allemaal, maar wie zit er op te wachten? Volgens prof William F. Schreiber, leider van het televisie-onderzoek in het Media Laboratorium van het

Ook de randapparatuur moet op HD: een HD-video in ontwikkeling  
(Foto: Philips).



Massachusetts Institute of Technology eigenlijk niemand. Mensen willen goede programma's zien. Of het beeld nu ruis vertoont, storingen of strepen, als het een goed programma is, blijft men wel kijken. Uit onderzoek is gebleken, aldus Schreiber, dat vooral het geluid goed moet zijn.

Bögels van Philips is daar niet zo somber over. "We zijn wel technici", zegt hij, "maar we kijken ook naar zo'n beeld met de ogen van de consument. Op grond daarvan kun je wel een beetje schatten of de verbeteringen zodanig zijn dat consumenten er op den duur ook voor willen betalen". Hij trekt een vergelijking met de ontwikkeling van de compact-discspeler. "Indertijd hebben we consumenten, onder meer in de Verenigde Staten, gevraagd of zij wat zagen in CD's. Het antwoord was *nee*; men hield het op de oude zwarte grammofonplaat. Als we op grond daarvan hadden besloten om

maar geen CD's en spelers uit te brengen, dan waren we toch een mooie markt misgelopen."

De mislukking eertijds van de Laser Disc of beeldplaat op de consumentenmarkt kan hem niet van het tegendeel overtuigen. "Het probleem bij de introductie van de beeldplaat was dat er onvoldoende software voor beschikbaar was."

Eigenlijk heeft Bögels wel een beetje gelijk met zijn optimisme over de toekomst van HDTV. Eind jaren veertig zijn in Nederland de eerste experimenten gedaan met zwart-wit-TV. Op grond van de resultaten van die experimenten had men indertijd eigenlijk moeten besluiten om ermee te stoppen. Maar aan het eind van de jaren vijftig telde Nederland al een kwart miljoen zwartwit ontvangers. Hetzelfde verhaal is te vertellen voor de kleuren-TV. Ook binnen Philips zag men deze eigenlijk niet zitten. Inmiddels is gebleken dat de doordrammers van

toen met Fidel Castro kunnen zeggen: 'de geschiedenis zal mij gelijk geven'.

### Drieduizend gulden

Hoewel de zwartwit-TV, de kleuren-TV, de videorecorder en de CD-speler — om nog maar niet te spreken van de walkman — tamelijk succesvol zijn en zijn geweest op de markt, hoeft dat voor HDTV nog niet op te gaan. De vraag is hoeveel de consument bereid is te betalen voor de betere beeldkwaliteit. In oktober 1987 is er in Canada en de VS een beperkt kijkersonderzoek gehouden naar de waardering voor het Japanse HiVision systeem. De meeste ondervraagden vonden het beeld wel fraai, maar gevraagd hoe-

in geval van de CD-speler eigenlijk vrij snel, komt zo'n apparaat ook in het bereik van middensegmenten. Het omslagpunt ligt, zo vermoeden we, ergens bij een prijs van drie- à vierduizend gulden."

Dat is overigens nog ruim twee keer zoveel als we nu voor een behoorlijke ontvanger moeten betalen, maar dat terzijde. De graduële prijsdalingen van het apparaat zelf worden veroorzaakt doordat de producenten ook een *learning curve* doormaken, waardoor de produktiekosten lager worden, onder meer door het aantal onderdelen dat tijdens zo'n learning curve sterk verminderd.

Alles bij elkaar ziet het er dus naar uit dat er zo vanaf hal-

---

## *De consument zag indertijd ook niets in de compact disc*

---

veel ze er extra voor over zouden hebben bij de aanschaf van een nieuw toestel bleef men steken op bedragen van tussen de vijf- en achthonderd gulden. De feitelijke meer-prijs zal echter in de buurt van de drie- à vierduizend gulden liggen.

Bögels: "De gemiddelde consument zal beslist geen apparaat kopen dat zeven- of achtduizend gulden kost. Met zulke dure apparaten richt je je op een select deel van de markt. De bedoeling is dat we ons met de HDTV-ontvangers richten op dat topsegment. Dat is indertijd met de CD-speler ook gebeurd. Je begint aan de bovenkant van de markt en langzamerhand, of

verwege de jaren negentig onszelf kunnen verlustigen aan haarscherpe TV-beelden, die via satelliet of breedbandige kabel de huiskamer inkomen. Eerst de rijkeren onder ons, later de modalen. Al zijn de programma's vermoedelijk nog net zo slecht als vandaag, we hebben er dan in ieder geval een nieuw huiskamerspelletje bij: rimpels tellen in het gezicht van de presentator.

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:  
Postbus 415, 6200 AK Maastricht.  
Telefoon: 043-254044.

Voor België:  
Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.  
Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:  
Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:  
T. Habets-Oldé Juninck:  
tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers Bio-Wetenschappen en Maatschappij. Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:  
f 105,- of 2025 F. (per 1-1-'88)  
Prijs voor studenten: f 80,- of  
1550 F. (per 1-1-'88)  
Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 10,00 of 200 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementjaar.

Zonder schriftelijke opzegging voor het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDSDAARSTENEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

#### Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.  
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

#### Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.  
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

## Stonehenge

Het Gemeentemuseum Arnhem organiseert van 26 november 1988 tot en met 15 januari 1989 een omvangrijke, intrigerende tentoonstelling met als titel 'De wereld van Stonehenge'. Met behulp van prachtig beeldmateriaal, bijzondere archeologische vondsten, maquettes op ware grootte en audiovisuele presentaties geeft het Gemeentemuseum Arnhem de wereld van de eerste bouwers op dit continent gestalte.

In de vlakte van Salisbury staat een monument dat sinds mensenheugenis tot de verbeelding van tallozen heeft gesproken: Stonehenge. De bouw ervan duurde vele generaties en werd voltooid rond 1500 voor Christus. Stonehenge is in de loop der tijd toeschreven aan de afstammelingen van Atlantis, de Phoeniciërs, de Keltische druïden, de Romeinen, de magier Merlijn en aan vele an-

deren. Ook omtrent de functie van het monument bestaan de meest uiteenlopende theorieën. Eén van die theorieën is dat de Kelten er sinds hun komst hun eigen goden hebben vereerd en dat hun druïden actief zijn geweest op deze plaats.

Nog niet zo lang geleden ontdekte een astronoom dat uit de constructie van Stonehenge kan worden afgeleid dat het monument is gebouwd en gebruikt als sterrenkundig observatorium. Als de zon op 21 juni opkomt boven de noordoostelijk van het monument gelegen 'heelstone', schijnt zij over dit punt heen precies in het centrum van Stonehenge. Kunstenaars als Turner en Constable brachten Stonehenge in beeld en ontelbaar zijn de geschriften die aan dit bouwwerk zijn gewijd.

Stonehenge is geen monument

dat op zichzelf staat. Een groot deel van Europa is bezaid met constructies van grote stenen die volgens dezelfde tradities gebouwd zijn: de menhirs en dolmen in Bretagne, de ganggraven van Ierland en niet te vergeten onze eigen hunebedden.

In de loop der eeuwen zijn veel van die monumenten vernietigd, vaak uit naam van de kerk, ten einde af te kunnen rekenen met het oude heidendom, soms gewoonweg om als bouwmateriaal of verzwaaring van zeedijken te kunnen dienen. Tegenwoordig springt men zuinig om met deze prehistorische erfenis.

De tentoonstelling gaat in op tal van rond het thema heersende vragen zoals: wanneer, hoe en door wie werden de megalieten gebouwd, hoe gingen latere bewoners ermee om, en hoe werden ze in beeld gebracht en beschre-  
ven.



ven. Er zijn spectaculaire archeologische vondsten te zien, zoals gouden en bronzen sieraden, stenen werktuigen en vaatwerk afkomstig uit onder meer het National Museum van Wales en het Royal Museum van Scotland. De entreeprijs voor de tentoonstelling bedraagt f 7,50. Museumjaarkaarthouders en bezoekers van een C.J.P. kaart f 5,-. Beneden de 19 jaar f 2,50. Het museum ligt aan de Utrechtseweg 87, 6812 AA in Arnhem. Geopend di t/m za van 10.00 tot 17.00 uur. Zondag van 11.00 tot 17.00 uur.

### Goden langs de Nijl

In de Egyptische tempels en graven, maar ook in musea treft men steeds weer dezelfde, intrigerende godenvoorstellingen aan; dierlijke en menselijke gestalten naast dierkoppige mensenfiguren bevolken de wanden. Deze godenwereld heeft zijn eigen, beeldende taal en dit najaar, tot 18 december, zullen de Egyptische goden van zich laten spreken in een tentoonstelling in het Allard Pierson Museum, het archeologisch museum van de Universiteit van Amsterdam.

Centraal op de tentoonstelling staan de grote, machtige goden, voor wie imposante tempels werden gebouwd. Eén van deze tempels krijgt op de tentoonstelling speciale aandacht. Het is de tempel van de valkgod Horus te Edfoe, waarvan de bouw in augustus van het jaar 237 voor Christus begon en die honderdtachtig jaar later, op 5 december 57 voor Christus, werd ingewijd. De wanden van deze tempel werden versierd met teksten die het dagelijks ritueel en de feesten waarmee de godheid werd vereerd illustreren. Ook kleinere goden en demonen

krijgen overigens aandacht; zij lieten vooral hun invloed gelden in het dagelijks leven van de antieke Egyptenaar.

De tentoonstelling laat tevens zien, dat ook vreemdelingen, die zich in het land van de Nijl vestigden na de verovering door Alexander de Grote (332 v. Chr.), zich aangesproken voelden door de Egyptische religie. De Egyptische mens leefde in een wereld waarin het ritme van de overstroming van de Nijl het levensritme bepaalde. Dit verschijnsel ontrok zich aan het begrip en was dus te wijten aan acties van de goden, evenals andere natuurverschijnselen en mysteries als geboorte, ziekte, honger en dood. De goden bepaalden de levensloop van de Egyptenaar. Ze vormden het kader waarbinnen het leven mogelijk was, en dit komt tot uitdrukking in de voorstellingen in de tempels.

De oudheden op de expositie zijn bruiklenen en eigen bezit van het museum. Deze voorwerpen van steen, brons, hout en faience geven een fascinerend beeld van de verschijningsvormen van de Egyptische goden. Het zijn trouwens evenzovele bewijzen van het ongeëvenaard hoge artistieke kunnen van de Egyptische ambachtslieden.

Het museum is gevestigd aan de Oude Turfmarkt 127, tegenover het Rokin, Amsterdam. Openingstijden: dinsdag t/m vrijdag van 10.00-17.00 uur, zaterdag en zondag van 13.00-17.00 uur.

### Escher

**Bruno Ernst, De toverspiegel van M.C. Escher.** Meulenhoff/Lands-hoff, 1987, ISBN 90 290 8034 5 Prijs f 24,50

Hol en bol, boven en onder, stil-leven en straat, titels die M.C. Escher (1898-1972) aan drie van zijn intrigerende, maar o zo even-wichtige prenten meegaf. Meer dan 100 prenten vervaardigde hij vooral via hout- en linoliumsne-des, litho's en etsen. De meeste daarvan zijn te vinden in dit boek, waarin door het beperkte formaat (hoogte 20 cm) alle prenten erg klein zijn afgebeeld. Het is daarom geen kijkboek, zoals de meeste andere Escherboeken, maar een kijk-leesboek om de logische maar mystieke wereld van de grafisch kunstenaar te doorgroeven.

Vóór 1937 maakte Escher pictu-rale werken: mooi om te zien en met chirurgische precisie en enge-lengeduld vervaardigd. De inspiratie deed hij vooral op in Italië, waar hij vanaf 1922 woonde en werkte. Na 1937 vindt er een ommekeer plaats in zijn werk. Regelmataat en wiskundige structuren, tegenstellingen en onbestaanbare maar consequente werelden doen hun intrede. Vanaf dat moment heeft de kunstcriticus geen vat meer op zijn werk. Zevenentachtig prenten hebben deze mathematische inslag. De analytische blik waar-mee Bruno Ernst de prenten analyseert is uniek. Telkenmale wan-neer een onbegrijpelijk plaatje van Escher wordt besproken, schetst de auteur de opbouw van de prent door de grote lijnen te on-tleden.

Zo leren we dat in de prent 'Bo-ven en onder' twee centrale ver-dwijnpunten zijn gebruikt waar-door vloer en plafond heel ver-nuftig en ongemerkt in elkaar overlopen. Andere prenten, zo demonstreert de auteur, maken gebruik van vluchtpunten, glijspiegelassen en rotatielpunten,

hoewel er van het meetkundig voorstellingsvermogen van de lezer soms wat veel gevraagd wordt. (Wie kent het Riemannvlak?) Merkwaardig is dat Escher zelf wiskundig helemaal niet onderlegd was. Hij gebruikte wiskundige theorieën zonder het zelf te weten en verbaasde zich erover dat die wijze wiskundigen hun boeken illustreerden met zijn prenten: "Ze kunnen zich helemaal niet voorstellen dat ik er niets van snap."

Het boek leert de diepere constructie-achtergronden van Eschersplaten te begrijpen, maar ook om wat meer aan de weet te komen over hoe iemand die dergelijke bouwsels creëert, denkt over wiskunde en mystiek, twee aspecten die duidelijk in Eschers werk zijn terug te vinden.

Jac Niessen

### Onomkeerbare tijd

**Raymond Flood en Michael Lockwood (ed.). Onomkeerbaarheid van de tijd. Aramith Uitgevers. Amsterdam 1988. ISBN 90 6834 044 1. f 34,90 of 698 BF.**

Voor de meeste fundamentele natuurwetten maakt het absoluut niet uit of de tijd heen- of terugloopt. De valwetten laten bijvoorbeeld toe dat een voorwerp terugvalt, maar toch zien we in het dagelijks leven nooit een appel van de grond naar de boom 'vallen'. Sinds het begin van deze eeuw is het tijdsbegrip in de natuurwetenschappen grondig op zijn kop gezet. Einstein verbond ruimte en tijd met elkaar in de relativiteitstheorie. In de biologie, de wiskunde en in de thermodynamica kregen onderzoekers steeds meer belangstelling voor onomkeerbare processen en voor de reden van die onomkeerbaarheid.

In 1985 werd aan de universiteit van Oxford door, zeg maar, het Studium Generale een serie lezingen georganiseerd over de worsteling met de tijd door de moderne natuurwetenschappen. Beroemde filosofen, sterrenkundigen en natuurkundigen wisten een publiek van geïnteresseerde leken te boeien. De lezingen zijn omgewerkt tot een boek. Het boek is gelukkig niet stompweg een bundel achter elkaar afgedrukte lezingen, maar ze zijn onderling in verband gebracht zodat enigszins een doorlopend verhaal is ontstaan. Het is een mooi boek voor wie tijdens de komende lange winteravonden wat wil leren en filosoferen. Besef wel: de tijd loopt alleen maar door en wie zelf stilstaat raakt achter.

Wim Köhler

### Biomolekülen, Kanker und AIDS

**Wilfred Kruit. Mysterieuze molekülen van leven en dood. Aramith Uitgevers. Amsterdam 1988. ISBN 90 6834 047 6. f 29,90 of 598 BF.**

Kanker en AIDS zijn gevreesde ziekten. Kanker is de op één na belangrijkste doodsoorzaak in Nederland en België; hart- en vaatziekten zijn killer nummer één. Naar schatting één op de vier lezers van dit tijdschrift zal vroeg of laat aan kanker overlijden; niet omdat die lezers tot een speciale risicogroep behoren, maar omdat de cijfers momenteel voor de hele bevolking zo liggen. AIDS is een ander geval. Daar gaan nog niet veel mensen aan dood, maar de ziekte legt een enorme tijdbom onder onze maatschappij. Er is sprake van een lang latent blijvend virus waarvan al veel mensen drager zijn. Men verwacht momenteel

dat die allemaal ooit aan AIDS zullen sterven.

Beide ziekten hebben een biomolekulaire oorzaak. In het geval van kanker gaan cellen zich ongebredeld vermenigvuldigen, zonder dat één of ander regel- of afweermechanisme in ons lichaam dat proces nog stopt. Bij AIDS vernietigt een virus, dat onder de naam HIV bekend staat, een bepaalde categorie afweercellen. Om dat te begrijpen moet ook op het regel- en afweermechanisme worden ingegaan.

Met een uitleg van de werking en de onderlinge samenhang van DNA, RNA en de proteinen die ons leven bepalen en reguleren, moet het mogelijk zijn ook inzicht te verschaffen in de gecompliceerde molekulaire mechanismen die een rol spelen bij kanker en AIDS. Dat is precies waar Wilfred Kruit in het boek 'Mysterieuze molekülen van leven en dood' in geslaagd is.

Er zijn maar een paar kritische kanttekeningen te maken bij zijn opzet. De claim op cover en inleiding dat het boek ook te lezen zou zijn door mensen die geen natuurwetenschappelijke achtergrondkennis bezitten lijkt me volstrekt onhoudbaar. Die mensen haken waarschijnlijk al rond bladzijde 17 af, waar Kruit op vreemde wijze DNA en proteinen introduceert en vergelijkt. Verderop kwam ik overigens alleen duidelijke uitleg tegen, ook over onderwerpen waar ik nog niet alles van af wist. Al vind ik de zin: 'Dat brave eiwit raakt daardoor zo van slag dat het zich als een oncogen gaat gedragen.' (blz. 68) wel een vorm van doodzonde. Een zeer verduidelijkend boekje is het, met alleen de hoogstnoodzakelijke informatie om uit te leggen waar het om begonnen was: uitleg op moleculair niveau van kanker en AIDS. En waar de auteur uitwijdt zijn het verrassend relativerende opmerkingen, bijvoorbeeld over de gevaren van radioactieve straling.

Wim Köhler

## OPGAVEN &

### Vragen?

De vragen die de bedoeling hebben om de bruikbaarheid van Natuur & Techniek in het onderwijs te vergroten, hebben deze keer betrekking op het artikel 'Poortwachters - Controlefuncties van levercellen' van dr A.F.M. Moorman, dr W.H. Lamers en prof dr R. Charles. Het is te vinden op pagina's 888-897 van dit nummer. De vragen zijn opgesteld door mw drs J. Nater-Hak uit Drachten.

1. a. Welk(e) orgaan (organen) en/of bloedvat(en) verbindt de lever met de leverader?
- b. Vergelijk de samenstelling van het bloed in de leverader, de lever en de poortader.
2. a. Vergelijk de ligging van de lever en de nieren in het lichaam

## PRIJSVRAAG

en hun positie ten opzichte van het bloedvaatstelsel.

b. Is het bloed van de poortader langs de nieren geweest voor het bij de lever arriveert?

3. De poortader bevat bloed, dat van zes verschillende onderdelen van het spijsverteringsstelsel komt. Welke zes onderdelen zijn dat?

4. De lever houdt de zuurgraad van het bloed in de gaten. Tussen welke waarden kan de zuurgraad van bloed zonder gevaar schommelen?

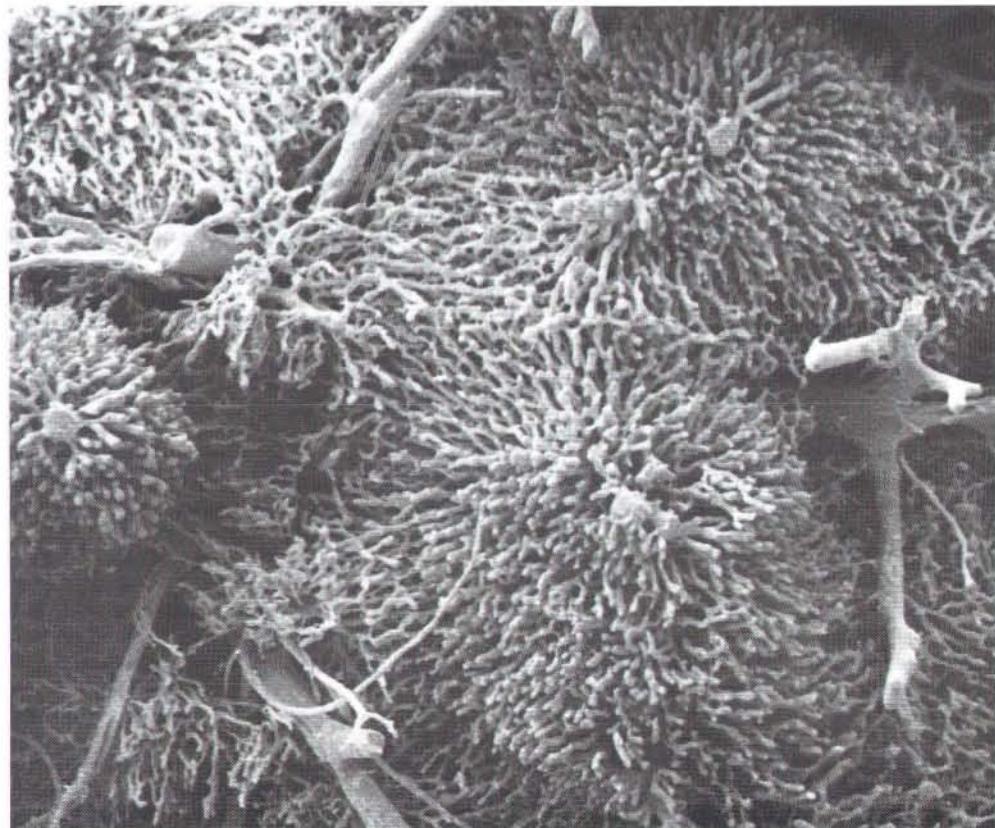
5. a. Waar vindt de controle van het zuur-base evenwicht van het bloed (de pH-waarneming) plaats? Wat gebeurt er achtereenvolgens als geconstateerd is dat de pH van het bloed te laag is? (Begin bij het zenuwstelsel.)

6. Bij zware spierarbeid ontstaat in de spieren melkzuur. Dit melkzuur wordt via het bloed naar de lever getransporteerd. Welke mogelijkheden heeft de lever voor dit melkzuur?

7. Ureum wordt gevormd in een kleine stofwisselingscyclus waarbij  $\text{NH}_4^+$ -ionen gebonden worden onder afsplitsing van  $\text{H}_2\text{O}$ . Hoe heet deze cyclus en welke stoffen spelen daarin een rol?

8. Op een doorsnede van de lever zijn altijd dwarse en overlangs doorgesneden buizen te zien. Welke zijn dat?

Opspuitpreparaat van de vaten van de lever. Portale vaten vertakken zich tot fijne vaatjes die weer samenkomen in centraal vat.



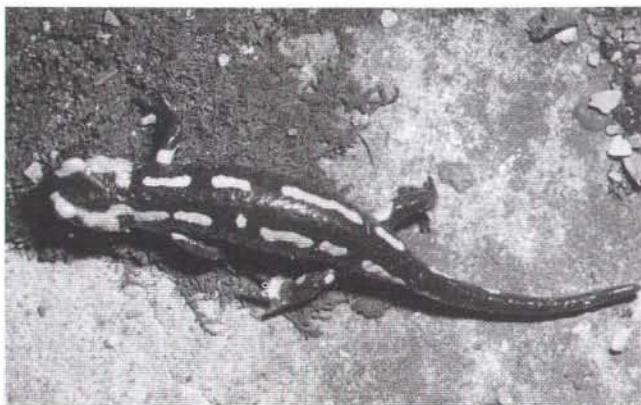
# -EIGEN- OONDERZOEK

door R.E.M.B. GUBBELS/Stein  
Statische schatting  
van  
aantallen vuursalamanders

De vuursalamander (*Salamandra salamandra Lacépède*) behoort in Nederland tot de zeldzaamste diersoorten. De soort is uniek voor Zuid-Limburg, maar slechts op een tweetal lokaties aanwezig. De toekomst van de soort is, mede door een toenemende eutrofiëring/vergiftiging van de heldere bronbeekjes waarin de dieren zich voortplanten, niet rooskleurig te noemen. Om de soort voor de Nederlandse fauna te behouden, is waarborging van de levensvatbaarheid van beide populaties noodzakelijk. Gerichtige beheersmaatregelen kunnen hieraan een belangrijke bijdrage leveren.

Voor het treffen van beheersmaatregelen is het van primair belang een duidelijk inzicht te hebben in de structuur en dynamiek van de twee populaties. Deze kennis wordt in het algemeen verkregen door het uitvoeren van een populatie-dynamisch onderzoek. Tot dit vele facetten omvattende onderzoek behoort het bepalen van de populatiegrootte. Vaststelling van de exacte populatiegrootte door alle individuen te tellen is in de praktijk meestal niet te realiseren. Vaak gebruikt men daarom statistische methoden. Hiermee kan een globale schatting verkregen worden van het aantal individuen in een populatie.

In 1988 werd de grootte bepaald van één van beide vuursalamanderpopulaties. Er werd gekozen voor een statistische methodiek berustend op vangst-terugvangst. Hierbij worden dieren gevangen, gemerkt en vrijgelaten. Enige tijd later vangt men weer dieren en daarbij zullen exemplaren zijn die ook tot de eerste vangst behoorden. Men gaat er van uit dat de ratio aantal dieren 1e vangstdag (r)/populatiegrootte (N; gelijk is



aan de ratio aantal gemerkte dieren 2e vangstdag (m)/aantal dieren 2e vangstdag (n). De basisformule luidt:

$$\frac{r}{N} = \frac{m}{n}$$

Het merken van de dieren, in feite het mogelijk maken van individuele herkennung, geschiedde door het fotograferen van de bovenzijde van elk gevangen dier. Binnen de populatie bezit geen enkele vuursalamander eenzelfde vlekkenpatroon; herkennung aan de hand van foto's is snel en correct uit te voeren. Op deze wijze werd in 1988 de populatiesgrootte geschat op 350 tot 500 volwassen dieren met een populatiedichtheid van ongeveer 400 volwassen dieren/0,5 ha. vergeleken met literatuurdata van andere Europese vuursalamanderpopulaties is de onderzochte populatie bijzonder groot te noemen. Daar de geschatte grootte in relatie gezien moet worden met andere populatieparameters, dient vervolgonderzoek de juiste waarde van de schatting uit te wijzen.

# AMATEURONDERZOEK IN NATUUR & TECHNIEK

Deze maand start een nieuwe rubriek in Natuur & Techniek: Eigen Onderzoek. R.E.M.B. Gubbelts uit Stein bijt op de vorige pagina de spits af met een verslag van een populatiesgrootte-onderzoek aan een vuursalamanderbevolking in Zuid-Limburg. Hij of zij krijgt als beloning een gratis jaarabonnement op Natuur & Techniek.

De rubriek Eigen Onderzoek is bedoeld om lezers van Natuur & Techniek verslag te laten doen van zelf uitgevoerde experimenten. Het is de bedoeling het onderzoek kort en bondig, maar toch inhoudelijk, te beschrijven in ongeveer 350 woorden. Dat is geen geringe opgave. Wanneer u die lengte niet haalt, stuur dan

toch in, dan kan de redactie beoordeelen of ze U niet wat aanwijzingen kan geven. Alle inzendingen moet geïllustreerd zijn met minimaal één foto en maximaal twee tekeningen, schema's of tabellen. Alle onderwerpen zijn welkom, of het nu elektronica, natuurkunde of biologie betreft, maar het moeten wel verslagen van experimenten of uitvindingen zijn. Theoretische beschouwingen nemen we niet op.

Er is al een aantal inzendingen binnen die nu tot de voorraad behoren, waarvan we overigens nog niet weten of we ze plaatsen. Nieuwe inzendingen zijn welkom.

Natuur & Techniek

Eigen Onderzoek

Postbus 415, 6200 AK Maastricht



## Prijsvraag

### Oplossing september

Het Platlands periodiek systeem heeft nogal wat mensen op het verkeerde been gezet. De overgang van drie naar twee dimensies is toch moeilijker dan de puzzelredactie dacht. Er waren twee vragen. Ten eerste: teken de eerste vier perioden van het Platlands periodiek systeem en geef van ieder element de elektronenconfiguratie. Ten tweede: voeg aan ieder Platlands element minstens één element toe uit onze driedimensionale wereld met overeenkomstige eigenschappen. In plaats van de elektronenquantumgetallen  $n$ ,  $l$ ,  $m$  en  $s$  kent men in Platland alleen de quantumgetallen  $n$ ,  $m$  en  $s$ , waarbij de laatste

genoemde  $m$  de rol van  $l$  en  $m$  uit de driedimensionale wereld overneemt.

Het antwoord is samengevat in het hierbij afgedrukte Platlands periodiek systeem. In de tweede periode van  $n=2$  komen zes elektronen terecht omdat  $m$  hier de waarden  $-1, 0$  en  $+1$  aanneemt, en  $s$  steeds plus en min een half kan zijn. Dat klopt natuurlijk met de tweedimensionale werkelijkheid, want in een wereld die zich geheel in het  $x$ - $y$ -vlak bevindt kunnen natuurlijk geen  $p_z$ -orbitals bestaan. In de derde schil van de Platlandse atomen komen tien elektronen. Vier daarvan zijn  $3d$ -elektronen die echter in de vierde periode van het systeem staan; na de  $3p$ -schil vullen immers eerst de

4s-banden. Niet voor niets stond in de opgave dat de ervaring uit onze driedimensionale wereld geldig bleef.

Het zoeken van overeenkomstige elementen leverde problemen op. Sommige inzenders zetten gewoon de elementen uit de driedimensionale wereld vanaf het begin van de periode in de hokjes van het Platlandse systeem. Dat gaat echter niet goed. Platlands element 14 is namelijk duidelijk een edelgas, omdat immers alle schillen gevuld zijn. De elementen 7, 13 en 23 zullen een sterk halogenidenkarakter hebben, omdat ze garne eenwaardig negatief worden. Stikstof, zuurstof, fosfor en zwavel op die posities is echt niet goed.

<b>1</b> (H) 1s <sup>1</sup>							<b>2</b> (He) 1s <sup>2</sup>	
<b>3</b> (Li) 1s <sup>2</sup>	<b>4</b> (Be) 1s <sup>2</sup>							
<b>9</b> (Na) 1s <sup>2</sup>	<b>10</b> (Mg) 1s <sup>2</sup>							
<b>15</b> 1s <sup>2</sup>	<b>16</b> 1s <sup>2</sup>	<b>17</b> 1s <sup>2</sup>	<b>18</b> 1s <sup>2</sup>	<b>19</b> 1s <sup>2</sup>	<b>20</b> 1s <sup>2</sup>	<b>21</b> 1s <sup>2</sup>	<b>22</b> 1s <sup>2</sup>	<b>23</b> 1s <sup>2</sup>
(1s <sup>2</sup> )	(1s <sup>2</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 4p <sup>1</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 4p <sup>2</sup> )	(1s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 4p <sup>3</sup> )
								(1s <sup>2</sup> 3d <sup>4</sup> 4p <sup>4</sup> )

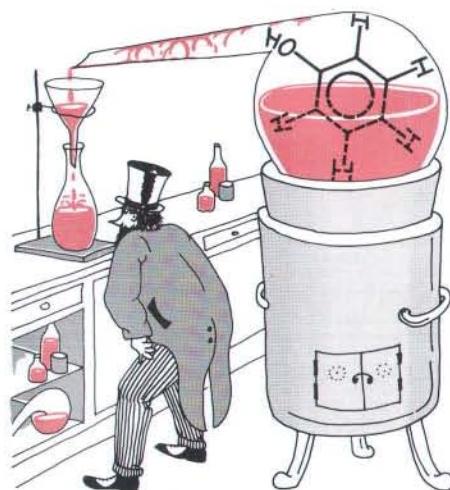
Na loting ging een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur & Techniek naar A. de Wit uit het Belgische Reet. Bovenaan de ladder verscheen E.J. Nijhof uit Vianen; hij/zij wint een gratis jaarabonnement op Natuur & Techniek, maar verliest alle ladderpunten.

### De nieuwe opgave

We blijven deze maand bij de scheikunde. De opgave is afkomstig van de organisatie van de Nederlandse Chemie Olympiade. Het is een pittig organisch-chemisch vraagstuk. Wellicht moet u een paar reactietypen opzoeken in het organische-chemieboek en wellicht moet u het hoofdstuk over massaspectroscopie opslaan. Maar ook puzzelen helpt.

Er is sprake van de verbindingen A, B, C, D, E en F, waarmee reacties worden beschreven op grond waarvan de structuurformules moet vinden.

Verbining A wordt bereid uit fenol (hydroxybenzeen). Verbining A kan worden geoxydeerd tot B. A kan met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> worden gedehydrateerd tot verbinding C. A reageert met PBr<sub>3</sub> tot verbinding D. In het massaspectrum van D bevindt zich een zeer hoge piek bij m/e = 83 en twee moleculair-ionpieken bij m/e = 162 en 164. De verhouding tussen de



laatste twee piekhoogten is 1,02. Verbining D kan verder reageren tot een organomagnesiumverbinding E. E reageert met H<sub>3</sub>CCHO in watervrije ether tot een stof die na hydrolyse verbinding F levert die de molekuulformule C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O heeft.

Wilt u zes punten voor de laddercompetitie verdienen en een kans maken op een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur & Techniek, schrijf dan de structuurformules van de verbindingen A tot en met F op en stuur het papier naar:

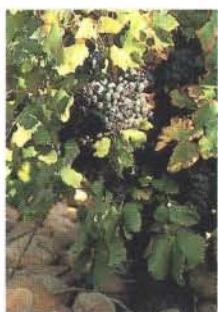
Redactie Natuur & Techniek  
Prijsvraag  
Postbus 415  
6200 AK Maastricht

Uw oplossingen moeten voor 15 december binnen zijn om mee te dingen naar de prijzen. Vermelding van volledige naam en adres op de envelop stelt de puzzelredactie op zeer hoge prijs. In december gooien we weer alle mensen die langer dan een jaar geen punten haalden voor de laddercompetitie uit de file, want die wordt veel te vol.

# VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

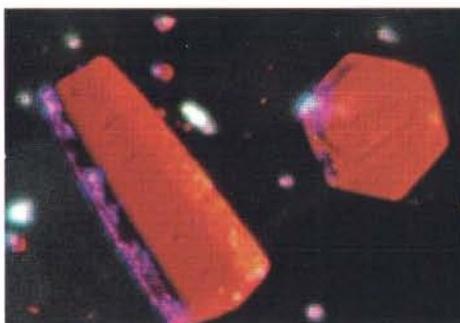
## Wijn

Deze euforische drank zal in de maand december vermoedelijk weer rijkelijker vloeien. Dr W. Ooghe en dr P. Dirinck bespreken de chemie van wijn. Welke stoffen zorgen voor de specifieke smaak van bepaalde wijnen en wat is op grond van de chemische samenstelling over echtheid en kwaliteit te zeggen?



## Tijdmeting

Dank zij zeer nauwkeurige klokken die op grond van trillingen van een cesium-isotoop de tijd meten, is het mogelijk om precies te bepalen wanneer we de champagne kunnen ontkurken en het vuurwerk ontsteken om een nieuw jaar te begroeten. Ing G. de Jong legt uit hoe deze klokken werken.



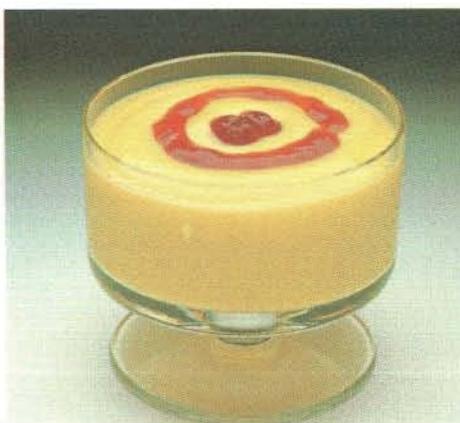
## Kippemest

Eén van de belangrijkste milieuproblemen is het mestoverschot. Ir W.M.M.A. Janssen laat zien dat één manier om dit probleem aan te pakken het aanpassen van kippevoer is. Door een geschikt voer te geven gaan kippen niet zozeer minder mest produceren, maar er zitten wel minder schadelijke stoffen in.



## Zoetstoffen

Het is een misverstand te denken dat suikers de enige zoetstoffen in ons voedsel zijn. Veel andere verbindingen smaken eveneens zoet. Dr G.G. Birch gaat in op de vraag welke chemische structuur een stof moet hebben om een zoete gewaarwording te creëren.



## Nobelprijzen

Kort geleden werd bekend welke onderzoekers dit jaar een Nobelprijs krijgen. De geneeskundeprijs kwam terecht bij drie onderzoekers met grote verdiensten op het gebied van de ontwikkeling van geneesmiddelen. Prof dr M. Bogaert beschrijft hun werk. Prof dr K.J.F. Gaemers gaat in op het werk van de deeltjesfysici die beloond werden, terwijl prof dr J. Amesz laat zien welke ontdekkingen over de fotosynthese tot de Nobelprijs voor de scheikunde leidden.

# PLANTENVEREDELING

Plantenveredelaars proberen gewassen te ontwikkelen met een optimale combinatie van gewenste eigenschappen, zodat een gewas ontstaat dat én produktief, én gemakkelijk te kweken én resistent tegen ziekten en plagen is. Klassiek is het doortelen met bepaalde varianten: planten met geschikte eigenschappen worden gekruist om nog geschiktere te kweken. Tegenwoordig staan de telers ook genetische technieken ter beschikking, waarmee zelfs eigenschappen van andere soorten in een gewas ingebouwd kunnen worden. De eerste genetisch gemanipuleerde planten stonden al op proefveldjes. Het betreffende onderzoek wordt echter ook sterk beïnvloed door economische factoren. Eén van de zaken die in discussie zijn is de mogelijkheid patent aan te vragen op genetisch gemanipuleerde planten of het laten prevaleren van het kwekersrecht.

Zojuist  
verschenen



## cahiers bio-wetenschappen en maatschappij

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 1 van de 13e jaargang.  
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

## Inhoud

### Genetische verscheidenheid A.C. Zeven

### Wat is plantenveredeling? G.A.M. van Marrewijk

### Ontwikkelingen in de planten- biotechnologie

### Analyse van milieu-effecten is noodzakelijk L. Reijnders

### Risico's van genetische manipu- latie bij planten M. Koornneef

### Nieuwe akkerbougewassen? L.J.M. van Soest

### Perspectieven voor boeren in de 21e eeuw J.D. Bijloo

### Wettelijke bescherming van planterassen Biotechnologie en kwekersrecht C. Mastenbroek

### Biotechnologie en octrooirecht J. van der Tooren

### Ontwikkelingslanden J.J. Hardon

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek –  
Informatiecentrum – Op de Thermen –  
Postbus 415 – 6200 AK Maastricht –  
Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-  
43254044.